

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

ESTUDIO COMPARATIVO EN EL ENRAIZADO DE PINO LIMON (*Cupressus macrocarpa* var. *Goldcrest*) Y CHAMAECYPARIS AZUL (*Chamaecyparis lawsoniana* var. *Ellwoodii*) CON CUATRO TIPOS DE SUSTRATO EN CÁMARA DE SUBIRRIGACIÓN EN EL VIVERO EKORNAT- GARDEN, LA PAZ.

Willmer Mamani Inca

LA PAZ – BOLIVIA

2016

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

“ESTUDIO COMPARATIVO EN EL ENRAIZADO DE PINO LIMÓN (*Cupressus macrocarpa* var. *Goldcrest*) Y CHAMAECYPARIS AZUL (*Chamaecyparis lawsoniana* var. *Ellwoodii*) CON CUATRO TIPOS DE SUSTRATO EN CÁMARA DE SUBIRRIGACIÓN EN EL VIVERO EKORNAT- GARDEN, LA PAZ.”

Tesis de Grado presentado como requisito
Parcial para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo

WILLMER MAMANI INCA

Asesora:

Ing. M. Sc. Celia M. Fernández Chávez

Tribunal Examinador:

Ing. M. Sc. Genaro Serrano Coronel

Lic. Cinthya Lara Pizarroso

Ing. Gregorio Zapata Limachi

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador



DEDICATORIA:

A Dios, mis padres, hermanos y amigos por el apoyo brindado en la trayectoria de alcanzar un objetivo más en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la oportunidad de vivir esta experiencia terrenal en este mundo bello lleno de oportunidades que hace ser feliz a uno.

A mis padres que supieron comprender el esfuerzo que requerí para poder realizar este paso en la vida, apoyando con el esfuerzo necesario así como paciencia y darme su acogida en su morada sin exigir nada a cambio por el afecto suyo. A la vez dar gracias por el espacio físico para establecer el vivero “*EKORNAT*” donde se realizó el presente trabajo.

A la (U.M.S.A.) “Universidad Mayor de San Andrés” y la Facultad de Agronomía por haberme dado la oportunidad de estar en sus aulas y compartir sus conocimientos, experiencias para con mi persona.

A mi asesora; Ing. M Sc. Celia Fernández Chávez que en calidad de tutora dedico su tiempo y paciencia para guiar y transmitir sus conocimientos, de esta manera hacer realidad el presente trabajo.

A los Sres. Del tribunal examinador: Lic. Cinthya Lara, Ing. Genaro Serrano e Ing. Gregorio Zapata por la labor de guiar el correcto camino de este trabajo con sus aportes en conocimiento.

A la Asoc. De floricultores 21 de septiembre (ASOFLOR), por la cooperación en cuanto a material vegetal y el apoyo moral para la conclusión de este trabajo y que se ponga en práctica en sus diferentes viveros.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS	i
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	vii
RESUMEN.....	viii

ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Justificación.....	2
2. OBJETIVOS.....	4
2.1.1. Objetivo general.....	4
2.1.2. Objetivos específicos.....	4
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
3.1. Coníferas.....	5
3.1.1. Características botánicas de las coníferas	5
3.1.2. Origen y distribución	6
3.1.3. Problemas de conservación de coníferas	7
3.2. Genero <i>Chamaecyparis</i>	8
3.2.1. Variedades de <i>Chamaecyparis</i>	8
3.2.2. Necesidades climáticas del <i>Chamaecyparis</i>	9
3.2.3. Características botánicas del <i>Chamaecyparis</i> var. <i>Ellwoodii</i>	9
3.2.4. Taxonomía del <i>Chamaecyparis</i>	9
3.3. Genero <i>Cupressus</i>	10

3.3.1.	Origen y generalidades del <i>Cupressus macrocarpa</i> var. <i>gold crest</i>	10
3.3.2.	Requerimientos ambientales del <i>Cupressus</i> cedro limón.....	11
3.3.3.	Enraizamiento en <i>Cupressus gold crest</i> cedro limón	11
3.3.4.	Clasificación taxonómica del <i>Cupressus macrocarpa</i> var. <i>Gold crest</i>	12
3.4.	Propagación vegetativa	12
3.4.1.	Importancia de la propagación vegetativa	13
3.5.	Sustrato.....	14
3.5.1.	Desinfección del sustrato.....	15
3.5.2.	Textura de sustratos	15
3.5.3.	Características del sustrato ideal	16
3.5.4.	Tipos de sustratos.....	16
3.5.4.1.	Turba.....	17
3.5.4.2.	Limo.....	18
3.5.4.3.	Tierra negra vegetal.....	18
3.5.4.4.	Carbón vegetal.....	19
3.5.4.5.	Arena.....	19
3.6.	Instalaciones para la propagación vegetativa	19
3.6.1.	Cámara de subirrigación.....	20
4.	MATERIALES Y MÉTODOS	22
4.1.	Localización	22
4.1.1.	Ubicación Geográfica	22
4.2.	Características agroecológicas	23
4.3.	Materiales.....	23
4.3.1.	Materiales de campo	23
4.3.2.	Materiales de gabinete	23

4.4.	Metodología	23
4.4.1.	Instalación de la cámara de subirrigación.....	23
4.4.2.	Preparado e instalación de los diferentes tipos de sustrato	24
4.4.3.	Desinfección de sustratos	25
4.4.4.	Preparado de esquejes e instalado en la cámara de subirrigación.....	25
4.4.5.	Riego.....	26
4.4.6.	Prevención fitosanitaria	26
4.4.7.	Manejo de los esquejes post resultados	26
4.5.	Diseño experimental	26
4.5.1.	Factores de estudio	27
4.5.2.	Formulación de tratamientos	28
4.6.	Croquis experimental.....	28
4.7.	Variables de respuesta	29
5.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	31
5.1.	Comportamiento de la temperatura en la cámara de subirrigación.....	31
5.2.	Comportamiento del porcentaje de humedad relativa	33
5.3.	Fluctuación del desarrollo en altura de planta en ambas especies.....	34
5.4.	Porcentaje de prendimiento.....	35
5.4.1.	Altura de planta.....	37
5.4.2.	Altura de crecimiento en los esquejes factor A (tipos de coníferas)	38
5.4.3.	Prueba de medias Tukey para factor B.....	39
5.5.	Longitud de raíz	40
5.5.1.	Promedios numéricos para factor A (longitud de raíz)	41
5.5.2.	Prueba de medias Tukey para factor B.....	42
5.6.	Número de raíces	43

5.6.1.	Prueba de medias Tukey para número de raíces en el factor B	44
5.7.	Porcentaje de enraizado.....	45
5.7.1.	Porcentaje de enraizado en la variedad <i>Chamaecyparis</i>	46
5.7.2.	Porcentaje de enraizado en la conífera <i>Cupressus</i>	47
6.	CONCLUSIONES	49
7.	RECOMENDACIONES.....	50
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	51
9.	ANEXOS	58

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis de varianza para altura de planta	37
Cuadro 2. Análisis de varianza para longitud de raíz	40
Cuadro 3. Análisis de varianza para numero de raíces.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Propagador descrito por Leakey et al. (1990).....	21
Figura 2.	Ubicación geográfica del experimento	22
Figura 3.	Croquis experimental.....	28
Figura 4.	Registro de las Temperaturas en la cámara de subirrigación	32
Figura 5.	Humedad relativa promedio en la cámara de subirrigación	33
Figura 6.	Fluctuación de la altura de planta (cm) por semanas.....	34
Figura 7.	Porcentaje de prendimiento.....	35
Figura 8.	Altura de planta para el factor A (Tipos de coníferas)	38
Figura 9.	Altura de planta.....	39
Figura 10.	Promedios de longitud de raíz del factor A (Tipos de coníferas).....	41
Figura 11.	Prueba de medias Tukey para factor B tipos de sustratos	42
Figura 12.	Prueba de medias Tukey para factor B.....	44
Figura 13.	Porcentaje general de enraizado	45
Figura 14.	Porcentaje de enraizado en la variedad <i>Chamaecyparis</i>	46
Figura 15.	Porcentaje de enraizado en la conífera <i>Cupressus</i>	47

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Armado de la cámara de subirrigación	58
Anexo 2.	Llenado de grava	59
Anexo 3.	Componentes del sustrato.....	59
Anexo 4.	Preparación del sustrato.....	60
Anexo 5.	Ubicación de los tratamientos	60
Anexo 6.	Desinfección de suelos	60
Anexo 7.	Recolección de esquejes para el proyecto	61
Anexo 8.	Trasplante de los esquejes.....	62
Anexo 9.	Ubicación de los tratamientos	62
Anexo 10.	Toma de datos (Altura de planta).....	63
Anexo 11.	Toma de datos (Numero de raíces)	64

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el vivero EKORNAT- GARDEN ubicado en la zona Urkupiña La Merced distrito trece de la ciudad de La Paz, zona norte de la ciudad.

El estudio se realizó con dos especies de coníferas con cuatro sustratos diferentes con el Diseño Experimental Completamente al azar con arreglo bifactorial con tres repeticiones donde los niveles del factor "A" fueron las dos especies de coníferas (*Chamaecyparis* y *Cupressus*) y los niveles del factor "B" cuatro tipos de sustratos (Turba 1P, carbón vegetal 2P, tierra negra 1P.; Turba 1P, carbón vegetal 1P, limo 1P.; Turba 2P, limo 1P, tierra negra 1P; Turba 2P, arena fina 1P, tierra negra 1P.).

Los objetivos propuestos fueron los siguientes: Determinar el tipo de sustrato adecuado en el enraizado del pino limón *Cupressus* y *Chamaecyparis*, en la cámara de subirrigación; Evaluar el establecimiento, (enraizado), y respuesta de los esquejes en una cámara de subirrigación; Determinar el tipo de conífera que muestre mejores resultados en la propagación asexual.

Las variables de respuesta consideradas para responder a los objetivos formulados fueron: % de sobrevivencia; % de enraizado; altura de crecimiento de los esquejes; longitud de raíces; número de raíces. Para realizar el proceso de datos se realizaron análisis de varianza, usando el sistema de aplicaciones IBM SPSS Statistics 20, Además de una comparación de promedios a través de Excel 2010.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

En el porcentaje de prendimiento, (sobrevivencia), se obtuvo óptimos resultados con el 100% de sobrevivencia de los esquejes de ambas especies de coníferas esto debido a las condiciones de humedad que brinda una cámara de subirrigación, evitando la deshidratación de las muestras vegetales.

Para la variable de respuesta que es porcentaje de enraizado, se realizó una comparación de promedios, en el cual dio mejores resultados los tratamientos T1 y T2 ya que se observó el 100% de los esquejes, con formación de raíces, finalmente los tratamientos T5, T7 y T8 por los cuales se presentó un bajo porcentaje de enraizado de 11,11%.

Por otra parte la especie *Chamaecyparis* con el sustrato 1 y sustrato 2 tuvieron un alto porcentaje de enraizado al igual que el sustrato 4, también con un alto porcentaje de enraizado, quedando con un bajo resultado el sustrato 3.

En la altura de planta se pudo apreciar que estadísticamente hubo diferencias altamente significativas en el factor A y en la interacción de factores (A*B) y no significativo en tipos de sustratos. Así mismo es importante mencionar que la especie *Chamaecyparis* presentó mejor altura de planta con 1,43 cm en promedio.

En la variable de respuesta de longitud de raíz estadísticamente se muestra diferencias altamente significativas en el factor A y la interacción de factores (A*B) y finalmente se aprecia resultados significativos en el factor B, que son sustratos. La especie *Chamaecyparis* tiene un mejor promedio de longitud de raíces con 7,17 cm, en comparación con el *Cupressus* con 5,53 cm. En cuanto al factor B sustratos la longitud de raíz fue favorecida con un valor de 7,19 cm en el sustrato compuesto por: **(b1)** 1 Turba 1P, carbón vegetal 2P, tierra negra 1P.

El número de raíces también fue considerado como variable de respuesta realizado el análisis de varianza dio una diferencia no significativa en el factor A (especies de coníferas), asimismo da un resultado altamente significativo en el factor B (sustratos), y en la interacción de factores el sustrato 2 dio mejores resultados en cuanto a número de raíces con 6,45 en un segundo lugar se encuentra el sustrato 4 con 5,7 de número de raíces luego el sustrato 3 con 5,35 finalmente se encuentra el sustrato 1 con 3,82 de número de raíces.

SUMMARY

This work was done in the nursery EKORNAT- GARDEN located in the La Merced district Urkupiña thirteen of the city of La Paz, north of the city.

The study was conducted with two conifer species with four different substrates with the Experimental completely randomized design bifactorial arrangement with three repetitions where levels of factor "A" were the two conifer species (Chamaecyparis and Cupressus) and factor levels "B" four types of substrates (Turba 1P, 2P charcoal, black earth 1P 1P .; Turba, charcoal 1P, 2P Turba .; limo 1P, 1P limo, black earth 1P, 2P Turba, 1P fine sand, black earth 1 P.).

The proposed objectives were: Determine the type of suitable substrate in rooting pine Cupressus and Chamaecyparis lemon, subirrigación chamber; Evaluate the establishment, (rooted), and response of the cuttings in a chamber subirrigación; Determine the type of conifer showing better results in the asexual propagation.

The response variables considered to meet the stated objectives were: % survival; % Rooting; height growth of cuttings; root length; number of roots. To make the process of data analysis of variance was performed using the application system IBM SPSS Statistics 20, in addition to a comparison of averages through Excel 2010.

The results obtained are:

In the percentage of seizure, (survival), the best results were obtained with 100% survival of cuttings of both species of conifer this because moisture conditions providing camera subirrigación, avoiding dehydration of plant samples.

For the response variable is percentage of rooted, a comparison of averages, which gave better results T1 and T2 treatments because 100% of cuttings was observed, with the formation of roots, eventually T5 treatment was performed, T7 and T8 which was presented by a low percentage of rooting of 11.11%.

Moreover the *Chamaecyparis* species with the substrate 1 and substrate 2 had a high percentage of rooted as the substrate 4, also with a high percentage of rooted, remaining with a low result the substrate 3.

In plant height it was observed that there were statistically highly significant differences in factor A and the interaction of factors (A * B) and no significant media types. Also it is important to mention that the present species *Chamaecyparis* best plant height with 1.43 cm on average.

In the response variable root length statistically highly significant differences in factor A and factor interaction (A * B) and finally shown significant results shown in the factor B that are substrates. The *Chamaecyparis* species has a better average length of 7.17 cm with roots, compared with 5.53 cm *Cupressus*. As to factor B substrates root length was favored with a value of 7.19 cm in the substrate composed of: (b1) one Turba 1P, 2P charcoal, black earth 1P.

The number of roots was also considered as a response variable performed the analysis of variance gave no significant difference in the factor A (coniferous species) also gives a highly significant factor B (substrates) result, and the interaction factors substrate 2 gave better results in terms of number of roots with 6,45 in second place the substrate 4 with 5.7 of number root is then the substrate 3 with 5, 35 finally is the substrate 1 with 3, 82 number of roots

1. INTRODUCCIÓN

Las coníferas son un grupo botánico de plantas superiores que engloba a los árboles y arbustos vivos más antiguos de nuestro planeta. Su característica principal es la de desarrollar conos o estróbilos, que son estructuras primitivas de reproducción.

Por regla general son plantas de hoja perenne, las cuales nunca tienen forma plana como las de los castaños, encinas o alcornoques, si no que toman apariencias como de aguja o escama (Kral, 1993).

Siendo las coníferas de gran importancia para la ornamentación de las áreas verdes de la Ciudad de La Paz, logrando con esto embellecer nuestros espacios públicos de recreación familiar para la urbe paceña (Alvarado, 2007).

Al igual que otras plantas, las coníferas en nuestro medio son requeridas por la población urbana y rural con diferentes fines, tales como la ornamentación y población, para lo cual es importante su propagación.

En la ciudad de La Paz se ha visto que existen diferentes viveros que practican la reproducción asexual por ser el método más práctico y seguro, un claro ejemplo su práctica en instituciones como la alcaldía. Por lo cual se puede decir que se ha verificado algunos resultados satisfactorios en la implementación de diferentes formas, técnicas para facilitar la propagación por esquejes en este caso en dos especies de coníferas como lo son el *Chamaecyparis* y *Cupressus* especies ya conocidas en el medio.

El presente trabajo busca otra forma de enraizado implementando el sistema de cámara de subirrigación, para asegurar el prendimiento y el fácil desarrollo radicular de los esquejes. Utilizando dos especies de coníferas como son los *Chamaecyparis* y *Cupressus*, también se implementó el uso de cuatro diferentes sustratos.

1.1. Justificación

Los *Cupressus* y *Chamaecyparis* son especies de coníferas que se están usando en la actualidad para realizar decoraciones de jardín y ornamento en nuestro medio, por tener un buen porte, tamaño mediano y atractivo, que facilita su establecimiento en jardines y macetas como ornamento; en nuestro medio este tipo de coníferas es muy requerido por el mercado, y el principal proveedor son los viveristas que se dedican a la producción de todo tipo de plantas incluyendo este tipo de plantas ornamentales.

El viverista busca la manera más práctica de reproducción, ya sea por vía sexual y/o vegetativa; en la mayoría de los casos opta por realizar reproducción vegetativa para no alterar las características morfológicas de estas especies las cuales son específicas y deseables para su comercialización. En algunos casos se han usado fitohormonas como el IA, ANA, ROOTOR y otros para de esta forma asegurar el prendimiento de los esquejes.

Alvarado (2007), sostiene que la semilla acopiada para la reproducción de las coníferas en estudio es poco viable, por lo cual es más recomendable la reproducción por vía asexual.

Se realizaron diferentes estudios para hacer una reproducción asexual uno de estos casos una tesis en Ecuador, trabajó con la hormona IBA a 1500 ppm. y sustrato base, en la variedad *cupressus gold crest* el cual tuvo un 78,97% de sobrevivencia y formación de raíz a los (seis meses) 178 días. (Merino, 2015)

En otro estudio de tesis de enraizamiento de coníferas se trabajó con fitohormonas (ANA, RAPID-ROOT, y ROOTHOR), a base de auxinas en el vivero municipal de la ciudad de La Paz, El estudio realizado tubo resultados óptimos con el uso de la fitohormona (ácido alfa naftalen acético) ANA, en siete meses logro un enraizado de 58,49%, (Alvarado, 2007).

El uso de cámaras de subirrigación es considerada una buena alternativa para realizar la multiplicación que pueda garantizar un alto porcentaje en el enraizado de estas coníferas dándoles condiciones adecuadas en ambiente, sustrato, riego, etc. es decir, darle las condiciones de acuerdo a sus requerimientos edafoclimaticos como las que puede ofrecer una cámara de subirrigación, la cual ha dado buenos resultados con diferentes tipos de plantas tropicales.

El presente trabajo de investigación contribuirá en la difusión del uso de cámara de subirrigación a los sectores interesados, donde su uso facilitará la propagación y aminorar costos extras en el uso de fitohormonas, por lo que es beneficiosa su aplicación.

2. OBJETIVOS

2.1.1. Objetivo general

Realizar un estudio comparativo en el enraizado de pino limón (***cupressus macrocarpa var. Goldcrest***) y *Chamaecyparis* azul (***chamaecyparis lawsoniana var. Ellwoodii***) con cuatro tipos de sustrato en cámara de subirrigación en el vivero ekornat-garden, La Paz.

2.1.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar el tipo de sustrato adecuado en el enraizado del pino limón, (*Cupressus*) y *Chamaecyparis* en la cámara de subirrigación.
- ✓ Evaluar el establecimiento y respuesta de los esquejes de ambas especies en la cámara de subirrigación.
- ✓ Determinar el tipo de conífera con mejores resultados a la propagación vía vegetativa.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Coníferas

Las coníferas es el nombre que se le da al grupo de árboles atractivos, perenes y con un gran valor en el jardín. Se suele clasificar los árboles y arbustos en dos grandes familias: los de hoja ancha y las coníferas (Kenneth, 1989).

Algunas de las características según Bucsacki, (1997) son: Muy resistentes, tolera -20 °C; mejor a pleno sol o sombra ligera, protegido de vientos fríos de joven; tolera casi todos los suelos, pero mejor si es profundo, húmedo y bien drenado; no necesita de poda, pero se realiza el corte de los setos una vez en verano y en otoño, y se realiza la multiplicación por esquejes semimaduros en primavera.

En la ornamentación de jardín es en Europa y Estados Unidos, las coníferas aparecen en primer plano. Se encuentran entre ellas árboles y arbustos de tamaño y portes variados, de una gran diversidad de colores y se prestan a numerosos empleos. Su follaje persistente en casi la totalidad de sus especies, es interesante por el verdor que mantienen en los jardines durante el invierno, cuando los árboles de especies latifoliadas de estas regiones frías son decíduos. Las hojas de las coníferas son relativamente pequeñas y reducidas a agujas o escamas; en las especies de la familia *Cupressaceae*, las hojas son pequeñas y reducidas a escamas, lo que junto con la variedad de colores y formas que presentan las hacen sobresalir como especies ornamentales (Guillen,1975)

3.1.1. Características botánicas de las coníferas

Las coníferas (*Pinophyta* o *Coniferophyta*) son árboles o arbustos dioicos o monoicos con la corteza rugosa o lisa, en placas grandes y gruesas con fisuras o en tiras largas y delgadas las ramas laterales están bien desarrolladas. Las hojas son simples y pueden ser en forma de aguja, escama, lineares, lanceoladas, a veces oblongas o falcadas. Por lo general las hojas son persistentes por más de

un año, pero a veces son deciduas. Su madera posee un xilema compacto compuesto principalmente de traqueidas con paredes gruesas y poros uniseriados o multiseriados. En contraste con angiospermas, el xilema carece de vasos. Frecuentemente presentan canales resiníferos en su madera, la corteza, las hojas o los conos. Los estróbilos o conos, son monoesporangiados. Los conos microesporangiados o polínicos son simples, formados de microesporófilas arregladas en forma de hélice alrededor de un eje central y de 2 a muchos microesporangios ubicados distalmente en la cara abaxial. Los granos de polen en algunas especies presentan sacos aeríferos. Los conos ovulados están formados por un complejo bráctea-escama que se arregla helicoidalmente alrededor de un eje central; sin embargo, en *Podocarpaceae* y *Taxaceae* están típicamente reducidos a 1 o 2 escamas con un solo óvulo. Estos conos son típicamente leñosos (Gernandt y Pérez, 2014).

3.1.2. Origen y distribución

Este grupo está constituido por 7 familias, 60-65 géneros, 600 especies y data de fines del Carbonífero. Sus hojas tienen muchas características de resistencia a la sequía y quizás se hayan originado en el Pérmico, cuando la aridez creciente de todo el mundo debió actuar como un poderoso estímulo evolutivo (Raven, 1992).

Es un grupo botánico de distribución muy amplia y uno de los recursos renovables más importantes del mundo. Se las puede considerar las reinas del reino vegetal por su porte majestuoso así como por sus dimensiones. Son las especies forestales dominantes en los climas fríos, en las latitudes altas y en las altas montañas de latitudes medias incluso tropicales. Entre las coníferas se encuentra los árboles más altos y también los más longevos (*sequoia sempervirens* sequoia roja de California). Es propio de las coníferas la resina y sus característicos frutos procedentes de inflorescencias (Bordas, s.f.).

Por su parte Foster y Gifford, (1974) declaran que la historia evolutiva de las coníferas se extiende desde el Carbonífero y el Pérmico hasta el presente.

Es importante mencionar que los *Cupressus L.*: comprende 28 especies, abundantes desde Norteamérica hasta América Central, Norte de África hasta China Central. *Cupressus sempervirens L.* crece normalmente en suelos profundos y medianamente sueltos, de humedad media. Se desarrolla mejor en climas templado cálidos. Originaria del este y sur de las cuenca del Mediterráneo. En Argentina se cultiva como ornamental. Antiguamente la madera se utilizaba para la construcción de buques y de templos. El nombre del género *Cupressus*, recuerda una leyenda griega donde se relata la historia de "Kuparissos" quien se convirtió en un ciprés; el específico *sempervirens*, lo debe a su follaje siempre verde (Leonardis, 2000).

Chamaecyparis Spach, comprende 8 especies nativas del Este de Asia y Norteamérica. *Chamaecyparis*, del prefijo griego chamae, que indica porte pequeño o crecimiento bajo y *kuparissos* que significa ciprés (Guía de Consulta Diversidad Vegetal sf.).

3.1.3. Problemas de conservación de coníferas

Del Castillo *et. al* (2004), Las coníferas, como muchas otras plantas nativas, son fuertemente afectadas por las actividades humanas. La destrucción de los ecosistemas naturales y la sobreexplotación de algunas especies son los principales factores que ponen en peligro o amenazan a algunas poblaciones de este grupo y aunque no reciente, este problema se ha agudizado en los últimos años estos factores los clasificamos de esta manera:

- Sobreexplotación forestal
- Destrucción del hábitat
- Cambio climático
- Incendios forestales
- Plagas
- Huracanes

3.2. Genero *Chamaecyparis*

La palabra *Chamaecyparis* proviene del prefijo griego *chamae*, que indica porte pequeño o crecimiento bajo y Kyparissos = ciprés. Este género tiene su origen en Estados Unidos, Japón y Taiwán. Este género de coníferas puede alcanzar en la naturaleza una altura de más de 50 metros, cultivados en jardines privados raramente llegan a los 25 o 30 metros. La madera una vez liberada de la corteza, es clara. El follaje es verde oscuro y brillante con interminables diseños y tonalidades de hoja, mientras que el tronco suele adoptar formas curvadas. Muchos de ellos son apropiados para pequeños jardines (Ouden, 1978).

En nuestro medio la mayoría de los *chamaecyparis* se utiliza en diseños de áreas pequeñas como rocallas, jardineras, bonsáis, diseño de jardines, etc.

3.2.1. Variedades de *Chamaecyparis*

De este género de coníferas, *Chamaecyparis*, existen varios cientos de variedades con siluetas, colores o disposición de las hojas tan distintas que se diría tienen que ver entre sí. Lo más asombroso es que toda esta diversidad, que puede encontrarse en la mayor parte de los jardines, ha sido obtenida a partir de tan sólo cuatro especies puras de este árbol, dos americanas y dos japonesas. Como en la mayor parte de las coníferas, estos árboles experimentan cambios en su coloración en función de la estación del año en que se encuentren.

La razón de tanta diversidad se debe a que los *Chamaecyparis* tienen una tendencia natural a dar mutaciones y formas distintas de manera espontánea. Esto sucede en ocasiones sólo sobre unas ramas o una parte del ejemplar, pero cuando ocurre así, es fácil que el viverista esté atento y dispuesto a obtener algunos esquejes, enraizarlos y ver pasado un tiempo, cuál es su aspecto y comportamiento. Por esta razón, las variedades no se multiplican por medio de semillas, sino a través de métodos vegetativos (Hernández, 2006).

Bordas (s. f.) Declara que las *Chamaecyparis* corresponden a coníferas de hojas planas y bayas más pequeñas. Diversos tamaños, formas y colores.

3.2.2. Necesidades climáticas del *Chamaecyparis*

Bordas (s. f.), Aconseja no cultivarlo en la mediterránea debido a que no les gusta la cal de estos suelos y agua. Existen variedad de colores: verdes, amarillos, azules, uniformes y matizados. Ideales para formar pantallas vegetales, barreras vegetales o contra vientos por su tipo de hoja. Han sufrido muchas enfermedades los *cupressus macrocarpa* y arizonica. Evitar trasplantar cipreses en invierno pues el frío más las bajas temperaturas pueden provocar la deshidratación y en consecuencia la muerte.

3.2.3. Características botánicas del *Chamaecyparis var. ellwoodii*

Árbol de gran talla, perennifolio, monoico que puede alcanzar 60 m de altura en estado silvestre, con copa cónica y guía terminal siempre inclinada. Corteza pardusca reluciente, con profundas grietas longitudinales irregulares. Hojas escamiformes opuestas y decusadas, dispuestas en cuatro filas, imbricadas, las laterales con el ápice levantado. Son de color verde claro, con la cara inferior un poco blanquecina. Inflorescencias masculinas de color carmín y las femeninas de color verde azulado, conos globosos, cortamente pedunculados, de 8 – 10 mm de diámetro, con 8 – 10 escamas peltadas. Son de color verde glauco, pasando a marrón con la madurez. Cada escama con 2- 4 y 5 semillas aladas. (Ouden, 1978)

3.2.4. Taxonomía del *Chamaecyparis*

Reino: *Vegetal.*

Orden: *Pinales*

Clase: *Pinatae*

Familia: *Cupressaceae*

Género: *Chamaecyparis*

Especie: *C. Lawsoniana var. ellwoodii*

3.3. Genero *Cupressus*

El género de 17 especies y ocho variedades de árboles o arbustos. Se distribuye del SW de Norteamérica a Honduras, en la región del Mediterráneo, el Himalaya y China. Crece en una gran variedad de ambientes que incluye costas húmedas, desiertos y alta montaña (Farjon, 1998).

Las especies tienen ramillas generalmente en cuatro series, hojas escamiformes romboideas, conos femeninos globosos, dehiscentes, constituidos por escamas persistentes, gruesas, leñosas y semillas aladas. Las poblaciones generalmente son pequeñas, presumiblemente por tener un sistema de dispersión de semilla muy restringido (Grant, 1975).

3.3.1. Origen y generalidades del *cupressus macrocarpa* var. *gold crest*

Según Conifer Specialist group el origen es California en los Estados Unidos.

La planta de *Cupressus macrocarpa Goldcrest* es un ciprés columnar elegante, uno de los mejores de forma oval abultado simétrico, hermosamente proporcionado. Es uno de las mejores coníferas doradas y especialmente en invierno cuando el color se acentúa más. Desde luego para llegar a esta forma requiere años. The plant Finder s Enciclopedia (2003- 2006).

El cedro limón requiere sol completo, es de condiciones medianamente secas a secas, follaje siempre verde. Las hojas se amarillas en verano, el fruto es negro en la estación de otoño, es resistente a la sequía y tolerante a la salinidad. The Virtual Tag (2007).

El ciprés goldcrest se cultiva en exterior e interior. El follaje posee un olor a limón muy característica en estas plantas (Cabrera et. al, 2007).

El cedro limón es un árbol parecido al ciprés común con estructura columnar cuando es joven de tronco único y corpulento, de unos 25 – 30 m de altura

(Humphrey, 1991), su copa tiene forma cónica que después de haber perdido las ramas bajas adquiere un forma más amplia, a veces aplanada. Con ramificación ascendente de longitudes irregulares, formando un Angulo de 45 grados con el tronco.

3.3.2. Requerimientos ambientales del *Cupressus cedro limón*

Requiere un sitio con bastante luz como sea posible, en condiciones frescas con bastante humedad, no es recomendable regar sistemáticamente cada cierto número de días considerando la humedad del suelo ya que el cultivo de ciprés gold crest se corre el riesgo de que se pudran las raíces o la base de la planta se torna color marrón. El Cedro Limón se fertiliza con nitrofoska líquida de 30 a 40 ml por bomba de 25 L, una vez por semana o también con sulfato de amonio, para combatir los principales problemas que se presentan los cuales son ácaros y phomopsis (Cabrera *et. al*, 2007).

Es una especie poco exigente en suelos salinos en cercanía al mar, pero pueden plantarse en altitudes mayores a los 2000 msnm. Se cultiva en todo el mundo por sus valores ornamentales, de cortinas rompevientos y de sombra (Humphrey, 1991).

3.3.3. Enraizamiento en *Cupressus gold crest cedro limón*

Los esquejes entre 7 a 20 cm de longitud enraízan igualmente en primavera. Esquejes grandes (13-20 cm) producen un mayor número de raíces que los esquejes pequeños (7-13 cm) excepto cuando existen altas temperaturas o bajas condiciones de luz. Los tallos de color café de segundo año enraízan igualmente que tallos de un año de crecimiento. Tratando los esquejes con sustancias promotoras del enraizamiento (Talco IBA 1 a 2% de ingrediente activo), (Hansen, 1990).

Por otra parte Cabrera *et al.*, (2007) declaran que los esquejes se cortan de 10 a 12 cm. Con 5 cm. de la base sin follaje para poder colocarlas en la maceta de seis pulgadas llenas de tepojal en cada maceta se colocan de 25 a 30 esquejes. A los esquejes se les coloca enraizador Radix 10000 y posteriormente se les ubican bajo cubierta plástica lechosa con retención del 50% de luz, se da un riego diario y en tres meses enraíza. Las macetas con esquejes enraizados se colocan bajo malla sombra durante un mes para adaptarlos.

3.3.4. Clasificación taxonómica del *Cupressus macrocarpa* var. *Gold crest*

Reino:	<i>Plantae</i>
División:	<i>Pinophyta</i>
Clase:	<i>Pinopsida</i>
Orden:	<i>Pinales</i>
Familia:	<i>Cupressaceae</i>
Género:	<i>Cupressus</i>
Especie:	<i>C. Macrocarpa</i> var. <i>goldcrest</i>

3.4. Propagación vegetativa

La propagación vegetativa, es la obtención de nuevos individuos a partir de partes vegetativas bien diferenciadas, debido a la capacidad de regeneración que posean estas partes (rama, fuste, retoño, hijuelos, inclusive trocitos o tejidos celulares) cuando se colocan en condiciones favorables afirma Quijada (1980). Coincidiendo con Vekhov (1941), el cual estudio varias especies de árboles y arbustos, llego a la conclusión de que es posible propagar en cierto grado todas las especies difíciles, siempre que se determinen las condiciones óptimas que rigen la emisión de raíces que permiten sobrevivir al propagarlo.

Por su parte Easley (1989), expone que la propagación vegetativa o asexual se realiza con las partes de una planta, provistas de yemas y con capacidad de

enraizamiento para originar nuevos individuos. Esta técnica asegura rápidas ganancias genéticas ya que se pueden seleccionar y reproducir genotipos individuales. Además la propagación vegetativa captura ambos componentes genéticos: aditivos y no aditivos, para producir masas de poblaciones altamente uniformes y productivas, lo cual es más difícil de lograr por vía sexual.

Concordando con los demás autores Choque (2015) declara que la propagación asexual es posible debido a que cada una de las células de la planta contiene todos los genes necesarios para el crecimiento y desarrollo y, en la división celular (mitosis) que se efectúa durante el crecimiento y regeneración, los genes son replicados en las células hijas.

3.4.1. Importancia de la propagación vegetativa

La propagación vegetativa es importante por las siguientes razones, el establecimiento de huertos semilleros clonales, en los establecimientos de bancos clonales, en propagación de plantas clonales a escala grande y en la elaboración de productos especiales de mejora, Quijada (1980). Este tipo de reproducción en el campo forestal se usa para multiplicar árboles seleccionados con base a características deseables que se quieren perpetuar como: velocidad de crecimiento, rectitud del fuste, resistencia a plagas y enfermedades, es decir, permite conservar genotipos valiosos (Carrera 1977).

Flores (1986), menciona que la propagación de árboles forestales por estaca permite el fomento de clones o grupos de plantas que se obtuvieron de una planta de origen seminal; así mismo, elimina diferencias de constitución entre los árboles. Por su parte Hartmann y Kester (1992) aseguran que una de las características más significativas de la clonación es que todos los descendientes del clon tienen el mismo genotipo básico, por lo cual la población tiende a ser fenotípicamente uniforme. Por lo general toda la progenie de un clon tienen el mismo aspecto, tamaño, época de floración, época de maduración, etc., haciendo con ello posible la estandarización de la producción y otros usos del cultivo.

3.5. Sustrato

Un sustrato es la mezcla de distintos materiales utilizados en un vivero, entre los que encontramos tierra Vegetal, tierra negra, arenilla, lama, guano, compost y tierra del lugar (Fossati, 1996). El término “sustrato”, que se aplica en la producción, se refiere a todo material sólido diferente del suelo que puede ser natural o sintético, mineral u orgánico y que colocado en contenedor, de forma pura o mezclado, permite el anclaje de las plantas a través de su sistema radicular; el sustrato puede intervenir o no en el proceso de nutrición de la planta allí ubicada.

Arriaga *et al.*, (1994), mencionan que el sustrato debe presentar consistencia adecuada para mantener la semilla en su sitio, el volumen no debe variar drásticamente con los cambios de humedad, textura media para asegurar un drenaje adecuado y buena capacidad de retención de humedad. Fertilidad adecuada, libre de sales y materia orgánica no mineralizada.

Las texturas más adecuadas para instalar un vivero forestal son las arenosas y las francas. En general, se puede proponer como limitante un contenido en limo o arcilla superior al 15% cada uno de ellos. El motivo de esta limitación es que cuando existe impermeabilidad se pueden producir encharcamientos tras las precipitaciones, con riesgos para las plantas y dificultad en las tareas de cultivo. La impermeabilidad es difícilmente corregible, mientras que el mayor inconveniente de las texturas arenosas, escasa capacidad de retención de agua, se puede compensar aumentando las dosis y frecuencias de riego (Serrada, 2000).

Por su parte Goitia (2009), sugiere que las mezclas del sustrato varían en función a la especie a implantarse y la disponibilidad, se utilizan normalmente tres partes de tierra vegetal, dos partes de tierra del lugar y una parte de limo, al cual se puede adicionar una parte de abono.

3.5.1. Desinfección del sustrato

Es necesario e importante desinfectar los sustratos para almácigos debido a que un hongo o enfermedad podría eliminar miles de plántulas (Fossati, 1996). Para la desinfección del sustrato se utilizan diferentes procedimientos, el más general y efectivo es utilizar formol o formalina al 10 %, aplicar sobre el sustrato, cubrir durante 24 o 48 horas con un plástico de color negro de preferencia y después airear 24 horas, para proceder a la siembra. Otros métodos consisten en la utilización de agua hirviendo, ácido sulfúrico al 10%, ácido nítrico al 10%, bicloruro de mercurio al 2 por 1000, entre todos (Goitia, 2008).

Galloway y Borgo (1985), mencionan que para prevenir el ataque de la chupadera hay que desinfectar el sustrato antes de cada siembra. Para ello se aplica una mezcla de 250cm³ de formalina (formol) al 40%, en 15 litros de agua para 3 m² de almacigo, cubriendo bien el suelo con plástico durante unas 48 horas. Luego de quitar la cubierta se puede sembrar la semilla cuando el olor de la formalina haya desaparecido, lo que pueda ocurrir a las 48 horas de su aplicación.

Los mismos autores recomiendan que luego de la germinación, si aparece algún foco de infección de “damping-off”, se le puede controlar con aplicaciones alternadas cada 15 días (según la intensidad de infestación) de efecto con cupravit al 3% y rhizoctol-P al 0.3%.

3.5.2. Textura de sustratos

La textura indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla, en el suelo. La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa (Durán, 2004). De acuerdo a las diferentes proporciones de arena, limo y arcilla, los suelos son agrupados en clases texturales. Una clase textural, es el nombre con que se designa a un suelo de acuerdo a la fracción o fracciones predominantes.

Coincidiendo con el anterior autor Miranda (2002), declara que la textura del suelo se refiere a la proporción de arena, limo y arcilla en el suelo, al nombre de la textura se le agrega un adjetivo apropiado como gravoso o pedregoso.

3.5.3. Características del sustrato ideal

INFOAGRO (2006), menciona que el mejor sustrato depende de numerosos factores como son el tipo de material vegetal con el que se trabaja, especie vegetal, condiciones climáticas, sistemas y programas de riego y fertilización, aspectos económicos, etc. Siempre que sea posible debe evitarse el uso de estiércol, debido a la variabilidad de sus características, su heterogeneidad, la dificultad de controlar su descomposición microbiológica, la variación de los contenidos de nutrientes y su posible grado de infestación (FAO, 2002).

Goitia (2008), recomienda que el sustrato para la cama de enraizamiento en un vivero debe ser preparada sin piedras con material fino, bien nivelado, es recomendable tamizar la tierra, las tierras arcillosas se mezclan con limo o arena para hacerlas más livianas y porosas.

3.5.4. Tipos de sustratos

Los sustratos se seleccionan por sus cualidades físicas y sanitarias, corrigiéndose el pH si es necesario. Un buen sustrato de multiplicación debe reunir las siguientes características: Buena porosidad que facilite la evacuación del agua en exceso, Buena aireación, excelente capacidad de retención, de manera que no comprometa el desarrollo de las raíces jóvenes y sin duda, que sea irreprochable en el plano sanitario (Boutherin, 1994).

El sustrato para el llenado de cualquier tipo de envase puede componerse a voluntad, tendiendo a conseguir las siguientes propiedades: higroscopicidad, que permita espaciar suficientemente los riegos; baja densidad para facilitar el manejo y transporte; permeabilidad que permita el desarrollo de las raíces en todo su

volumen; esterilidad respecto de posibles patógenos para las plántulas; y fertilidad adecuada para la producción de plantas en buen estado fisiológico. Además, en el momento de la extracción, el cepellón formado debe ser consistente y facilitar la extracción sin adherencias a las paredes del envase. Otras condiciones exigibles se refieren a buena estabilidad en el mantenimiento de sus propiedades a lo largo del cultivo; capacidad de re humectación después de sufrir déficit hídrico y capacidad de intercambio catiónico para graduar la nutrición al vegetal y retener los productos del abonado (Serrada, 2000).

3.5.4.1. Turba

La turba se forma con un proceso en la que la vegetación se transforma e carbón mineral, que se forma como resultado de la descomposición de la materia vegetal en lugares pantanales o humedales, esta actividad puede durar varios periodos de tiempo logrando formar capas profundas rico en materia orgánica (Torras 1980).

En diferentes trabajos de investigación que requiere sustratos ya sea de enraizado, cama para almácigos y para embolsado de diferentes plantas de ornamento se vienen usando la turba rubia por tener buenas características en nutrientes y minerales cuyo Ph oscila alrededor de los 4.5 - 5.5

Según la página textos científicos, la turba tiene los siguientes elementos: H, C, N, y O, que forman principalmente las sustancias orgánicas de la turba; los elementos principalmente biogénicos como P y K; elementos que están presentes en la turba y en todos los otros combustibles fósiles, con frecuencia en cantidades considerables (contenido de cenizas, es decir, Na, Mg, Al, Si, S, Ca, Fe). La composición de esta ceniza depende más del medio geológico que de las especies de plantas y es casi independiente de las fases de la turbera, disponible en: <http://www.textoscientificos.com/energia/combustibles/turba/composicion-propiedades-turba> 2016.

3.5.4.2. Limo

El limo producto de la sedimentación de aguas turbias con muchos minerales, partículas finas de 0,02 mm de diámetro y se acumula en sitios aluviales de escorrentías, tiene la capacidad de atraer humedad y ser compacta (Chilon, 1997).

El limo o légamo es un material suelto con una granulometría comprendida entre la arena fina y la arcilla. Es un sedimento transportado en suspensión por los ríos y por el viento, que se deposita en el lecho de los cursos de agua o sobre los terrenos que han sido inundados. Para que se clasifique como tal, el diámetro de las partículas de limo varía de 0,002 mm a 0,06 mm. Pueden ser limo orgánico compuesto de barro, lodo, restos vegetales; Limo inorgánico con inclusión de polvo de rocas se encuentra en depósitos de sedimentación. Disponible en: <http://www.buenastareas.com>

3.5.4.3. Tierra negra vegetal

La tierra negra de nuestro medio por lo general provienen de las zonas altas (cumbre) y tienen la característica de ser ácidos, además de que pueden tener compleja mezcla de:

- Suelo natural (amarillo o rojizo y estéril)
- Desechos orgánicos como residuos vegetales, heces de animales, etc.
- Varios tipos de microorganismos

La gran fertilidad de la tierra negra es explicada principalmente por su alto contenido de materias orgánicas carbonosas y nutrientes como nitrógeno, fosforo, potasio y calcio. Además de contener carbón vegetal que ayuda a retener los nutrientes y no perderlos a causa de la lluvia y retenerlos con fuerza en los agregados del suelo, (Torras, 1980).

3.5.4.4. Carbón vegetal

El carbón vegetal es un producto que se usa por lo general en la industria, muy poco usado en sector del agro. Se hizo un proyecto "Desarrollo conjunto de un método de mejoramiento de las propiedades físico-químicas del suelo y una estrategia sustentable de secuestro de CO₂ atmosférico por medio del concepto de Terra Preta-Biochar, el cual es cofinanciado por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), dependiente del Ministerio de Agricultura Chile.

Su objetivo fue desarrollar y rentabilizar el manejo de desechos agrícolas y biomasa (hierbas leñosas, abonos animales, residuos orgánicos domésticos e industriales) de los valles de la Región de Arica y Parinacota, para transformarlos en carbón vegetal.

Este material, al ser incorporado a los suelos como fertilizante, tiene la capacidad para retener agua y nutrientes. Asimismo, elevaría algunas de las propiedades químicas determinantes para una mejor fertilidad de los suelos áridos y muy salinos. Disponible en: <http://www.cooperativa.cl>

3.5.4.5. Arena

Según Hidalgo *et al.* (1997), la arena es una de las sustancias más utilizadas como sustrato, aunque en pequeñas cantidades. La arena mejora la estructura del sustrato, aportando peso al mismo tiempo, las arenas a utilizarse no deben tener elementos nocivos tales como sales, arcilla y/o plagas.

3.6. Instalaciones para la propagación vegetativa

Para López, (s.f.) las condiciones ambientales (humedad relativa, temperatura, sustrato, espacio y luz) del sitio en donde serán sembradas las estaquillas deberán estar adecuadas antes de plantar las estaquillas ya que al no tener un órgano de absorción como son las raíces, estas requieren de cuidados especiales. Desde el momento en que se corta una estaquilla, esta deberá estar siempre en

contacto con agua debido a que aún sin raíces las estaquillas continúan transpirando y como consecuencia de ello se pierde agua en los haces vasculares (que son los ductos por donde pasa el agua y minerales) se pueden formar espacios en el interior que impiden la circulación y como consecuencia de ello, la muerte de estas.

3.6.1. Cámara de subirrigación

Los propagadores de subirrigación son un invernadero en miniatura, los cuales tienen la función de proveer de agua por capilaridad a los diferentes sustratos y evitar su evaporación; para ello se forma un filtro, éste consiste en una capa de 20-25 cm de espesor formada con piedras (de 6 a 15 cm de diámetro), cubiertas con gravilla y una capa de 5 a 10 cm de sustrato desinfectado (Mesén, 1998).

Este propagador fue descrito en detalle por Leakey *et al.* (1990), el cual consiste básicamente en un marco de madera o metal rodeado por plástico transparente para hacerlo impermeable. Donde los primeros 25 cm se cubren con capas sucesivas de piedras grandes (6-10 cm de diámetro) luego con piedras de (3-6 cm de diámetro) y grava, y los últimos 5 cm se cubren de sustrato de enraizamiento (arena fina, aserrín, etc.) los 20 cm basales se llenan de agua, de manera que el sustrato de enraizamiento se mantenga húmedo por capacidad.

Díaz *et al.* (1992), declara que la cámara de enraizamiento es un propagador mejorado pero de bajo costo, son de fácil construcción, efectivos y no requieren de agua ni electricidad. Para disminuir la temperatura y la intensidad de luz en la cámara propagadora, se protegió el área de propagación con malla semi sombra. Las condiciones ambientales promedio en la cámara de propagación fueron temperatura del aire 25,6 °C, temperatura del sustrato 25,9 °C irradiación solar 54 mol/m²/seg y humedad relativa de 99%.

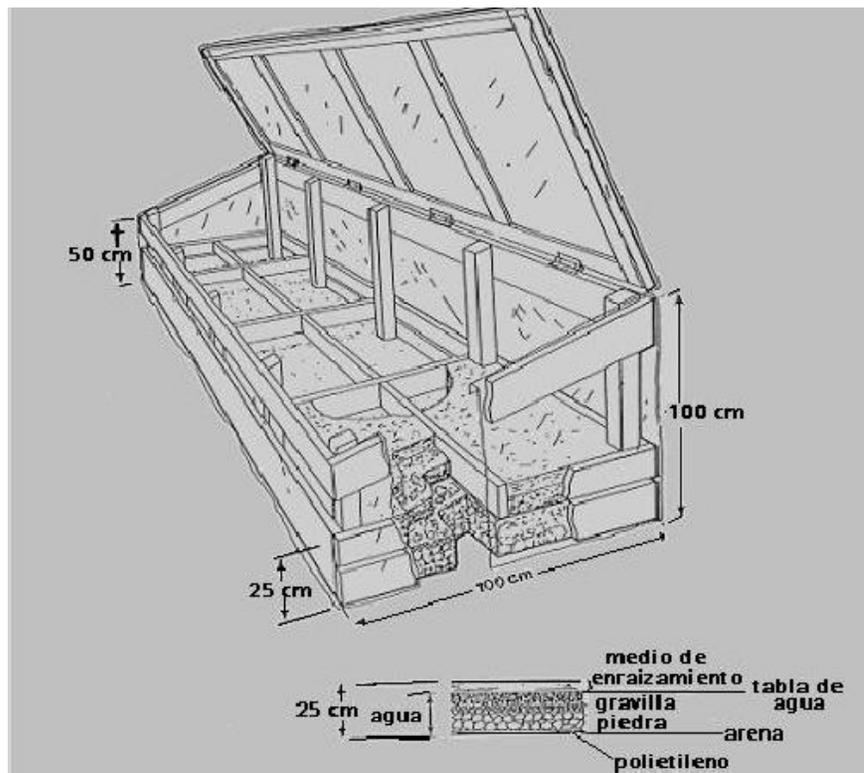


Figura 1. Propagador descrito por Leakey et al. (1990).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización

4.1.1. Ubicación Geográfica

El presente trabajo se realizó en el vivero EKORNAT- GARDEN ubicado en la zona Urkupiña La Merced distrito trece de nuestra señora de La Paz. A una altitud media de 3700 msnm, a 16.458865 latitud sur y 68.121299 longitud oeste, google earth maps 2016.



Figura 2. Ubicación geográfica del experimento

4.2. Características agroecológicas

Se tomó como referencia datos de la zona más cercana que en este caso es Villa Fátima, que se encuentra a una altura de 3420 m.s.n.m., la precipitación anual media es de 512,8 mm y una humedad relativa del 50% aproximadamente, una temperatura promedio máxima de 19 °C, una temperatura promedio mínima de 2 °C, (SENAMHI, 2015).

La T° media al interior del invernadero es 20° C. primavera-verano, la mínima de 10°C y la máxima de 30° C.

4.3. Materiales

4.3.1. Materiales de campo

- Esquejes de pino limonero (*Cupressus*)
- Esquejes de *Chamaecyparis* azul
- Cámara de subirrigación
- Turba
- Termohigrometro digital
- Limo
- Carbón vegetal
- Tierra negra vegetal
- Termómetro, regla milimétrica
- Cuaderno de campo
- Cámara fotográfica

4.3.2. Materiales de gabinete

- Computadora
- Calculadora
- Memorias, CD
- Impresora
- Material de escritorio

4.4. Metodología

4.4.1. Instalación de la cámara de subirrigación

Al inicio del trabajo se realizó la instalación de la cámara de subirrigación para ello se siguió los pasos y modelo según (Mesén, 1998).

La estructura esquelética se armó con material de carpintería como ser madera, clavos, alambre etc. Las medidas establecidas fueron de acuerdo a requerimientos como ser:

- Altura trasera: 100 cm
- Altura frontal: 50 cm
- Largo: 200 cm
- Ancho: 100 cm

Una vez armado la estructura esquelética se hizo un revestimiento al interior de la estructura en especial el espacio donde se alojó el agua que sirve para el riego de ascensión capilar, para esto se utilizó agofilm de 200 micrones, en la cubierta superior se adicione una capa de malla semi sombra del 60 % de sombra (malla rashell). Una vez concluido la estructura se procedió con el colocado de las diferentes capas de grava y gravilla, en donde estará el agua.

Posterior a esto se hizo el trazado y delimitación para las unidades experimentales según el croquis.

4.4.2. Preparado e instalación de los diferentes tipos de sustrato

En el presente trabajo de investigación se utilizaron cuatro tipos de sustratos (factor de estudio “b”), cada una de ellas con cuatro componentes como ser turba rubia, carbón vegetal, tierra negra vegetal y limo o lama; en diferentes proporciones para cada tratamiento.

b₁= Turba 1P, carbón vegetal 2P, tierra negra 1P.

b₂= Turba 1P, carbón vegetal 1P, limo 1P.

b₃= Turba 2P, limo 1P, tierra negra 1P.

b₄= Turba 2P, arena fina 1P, tierra negra 1P.

Una vez obtenida la mezcla homogénea, cada mezcla se colocó en las unidades experimentales que corresponde.

4.4.3. Desinfección de sustratos

Luego que se estableció los sustratos en las unidades experimentales se hizo una desinfección recomendado con formol al 5 % para evitar la propagación de patógenos que pudiesen interrumpir el proceso de enraizado de los esquejes, la cama de sustrato reposo un periodo de 24 horas cubierta de plástico impermeable para luego puedan ingresar los esquejes.

4.4.4. Preparado de esquejes e instalado en la cámara de subirrigación

Para obtener los esquejes se seleccionó plantas madre de cada especie con características apreciables como maduras, buen porte, coloración natural y condiciones fitosanitarias (factor de estudio “a”), de la cuales se extrajeron esquejes de 10 cm a 15 cm según recomendación para un mejor resultado se debe hacer la recolección de esquejes de la parte media de las plantas madres o donadoras, en este caso se hizo de esa manera.

Una vez obtenido los esquejes se procedió al establecimiento en las camas preparadas según croquis ya definidas a una distancia de 5 cm entre esquejes y una profundidad de 2.5 cm.

a_1 = Variedad 1 (*Chamaecyparis*)

a_2 = Variedad 2 ciprés amarillo (*Cupresus*)

4.4.5. Riego

En este estudio el riego se realizó por medio de ascensión capilar, ya que en los primeros 20 cm del sistema contiene grava gruesa, grava, gravilla y agua. Por cuanto haciendo revisiones periódicas la cama enraizadora estuvo húmedo todo el tiempo y no hubo la necesidad de hacer riego superficial.

El nombre del sistema de subirrigación radica en que no se utiliza irrigación aérea, sino que se mantiene una reserva de agua en el fondo del propagador, y esta humedece el sustrato por efecto capilar. (IIAP- Pucallpa, 2008).

4.4.6. Prevención fitosanitaria

Para el establecimiento de los esquejes no se hizo ningún tipo de desinfección puesto que los mismos provienen de plantas adultas y ya tratadas previamente. Para evitar cualquier tipo de plagas y enfermedades en el transcurso del estudio se realizó una inspección y observación permanente, en el cual no se registró ningún tipo plagas ni enfermedades que pudieran poner en riesgo el estudio.

4.4.7. Manejo de los esquejes post resultados

Una vez concluido el estudio, luego que se registraron los datos para su analisis se procedió al establecimiento de los esquejes ya enraizados en bolsas de polietileno de 16x21 cm y ser establecidos en un lugar de ambientación para su desarrollo posterior.

4.5. Diseño experimental

El presente trabajo de investigación se realizó bajo el Diseño Experimental de Completamente al azar con arreglo bifactorial con tres repeticiones (Ochoa, 2009). Donde los niveles del factor "A" fueron las dos especies de coníferas (*Chamaecyparis* y *Cupressus*) y los niveles del factor "B" cuatro tipos de sustratos compuestos por: Turba rubia, carbón vegetal, tierra negra, arena y limo.

Por lo que el modelo lineal aditivo es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Una observación cualquiera

μ = Media poblacional

α_i = Efecto de la i -ésima variedad de coníferas

β_j = Efecto del j -ésimo tipo de sustrato

$\alpha\beta_{ij}$ = Efecto de la interacción de coníferas y tipo de sustrato

ε_{ijk} = Error experimental

4.5.1. Factores de estudio

Factor A: **Variedades de coníferas.**

a_1 = Variedad (*Chamaecyparis*)

a_2 = Variedad ciprés amarillo (*Cupressus*)

Factor B: **Tipos de sustrato**

b_1 = Turba 1P, carbón vegetal 2P, tierra negra 1P.

b_2 = Turba 1P, carbón vegetal 1P, limo 1P.

b_3 = Turba 2P, limo 1P, tierra negra 1P.

b_4 = Turba 2P, arena fina 1P, tierra negra 1P.

4.5.2. Formulación de tratamientos

T1 = a_1b_1 = Var (*Chamaecyparis.*) + Turba 1P, carbón vegetal 2P, tierra negra 1P.

T2 = a_1b_2 = Var (*Chamaecyparis.*) + Turba 1P, carbón vegetal 1P, limo 1P.

T3 = a_1b_3 = Var (*Chamaecyparis.*) + Turba 2P, limo 1P, tierra negra 1P.

T4 = a_1b_4 = Var (*Chamaecyparis.*) + Turba 2P, arena fina 1P, tierra negra 1P.

T5 = a_2b_1 = Var ciprés amarillo (*cupresus.*) + Turba 1P, carbón vegetal 2P, tierra negra 1P.

T6 = a_2b_2 = Var ciprés amarillo (*Cupresus*) + Turba 1P, carbón vegetal 1P, limo 1P.

T7 = a_2b_3 = Var ciprés amarillo (*Cupresus.*) + Turba 2P, limo 1P, tierra negra 1P.

T8 = a_2b_4 = Var ciprés amarillo (*Cupresus.*) + Turba 2P, arena 1P, tierra negra 1P.

4.6. Croquis experimental

El trabajo de investigación se realizó bajo el siguiente croquis experimental.

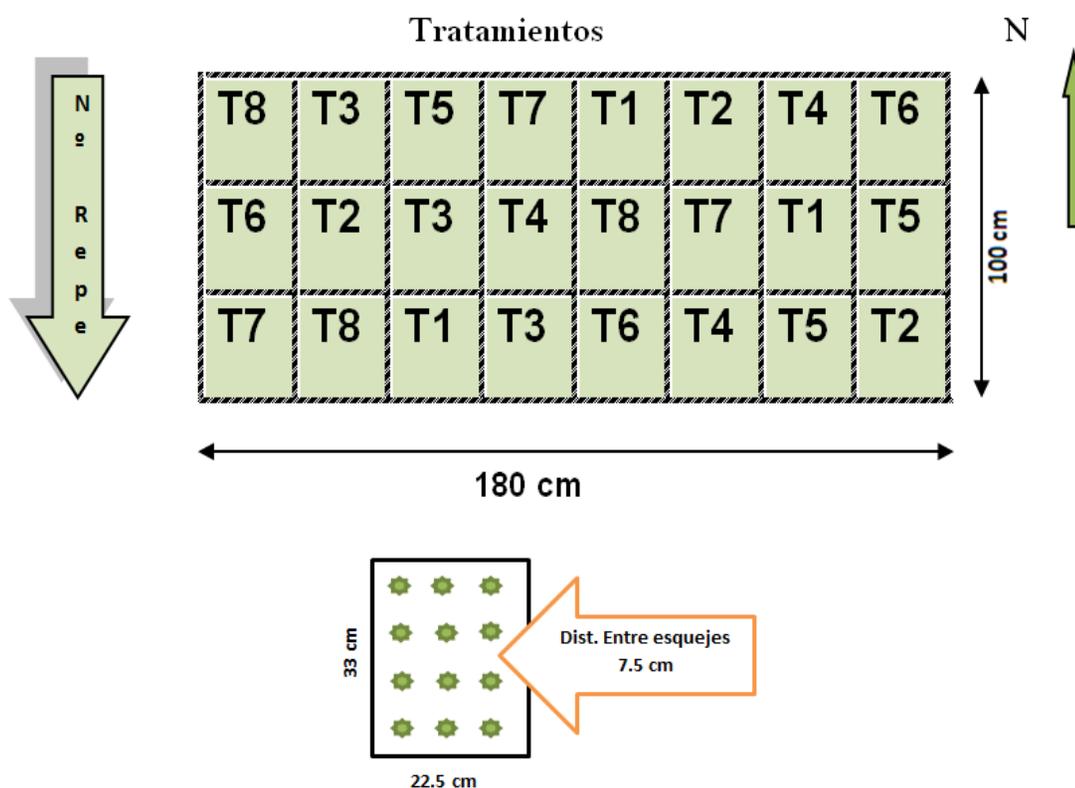


Figura 3. Croquis experimental

4.7. Variables de respuesta

- **Porcentaje de prendimiento.**

El porcentaje de prendimiento se evaluó como % de sobrevivencia el cual se registró a los 168 días, el registro consistió en una inspección minuciosa visual de los esquejes de cada uno de los tratamientos para corroborar si alguno de los esquejes presenta una decoloración en los esquejes y fue calculado a través de la siguiente fórmula:

$$\% \textit{Sobrevivencia} = \frac{\textit{Numero de esquejes vivos}}{\textit{Numero total de esquejes}}$$

- **Porcentaje de enraizamiento.**

Esta variable de respuesta de porcentaje de enraizamiento se evaluó al final del ensayo (al final de seis meses) al igual que en el anterior variable se hizo una inspección minuciosa contando la cantidad de esquejes que han logrado formar raíces y se calculó a través de esta fórmula:

$$\% \textit{Enraizamiento} = \frac{\textit{Numero de esquejes enraizados}}{\textit{Numero total de esquejes}}$$

- **Cantidad de raíces.**

En la cantidad de raíces se realizó un conteo y registro de las raíces ya formadas por esqueje de cada uno de los tratamientos, esta evaluación fue realizada al final del experimento.

- **Altura de los esquejes.**

Para la variable de respuesta altura de esquejes, se midió con la ayuda de una regla milimetrada desde la base del sustrato hasta el ápice esta evaluación se la realizo con bastante cuidado ubicando una sola posición y base para la regla milimetrada y de esta forma no pueda haber error. Esta acción se realizó cada siete días durante seis meses tiempo que duro el estudio.

- **Longitud de las raíces.**

La longitud de raíces también se midió con la ayuda de una regla milimétrica en una superficie plana, previo a esta acción se procedió a la extracción cuidadosa de los esquejes para evitar daño de las mismas, la medición fue desde la base del tallo donde se inicia el crecimiento de la raíz hasta la punta de la raíz con mayor longitud y la toma de datos se realizó al final del experimento.

5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

El presente trabajo de investigación estableció el efecto en el enraizado de dos especies de coníferas con cuatro tipos de sustratos dentro de una cámara de subirrigación; para ello se tomaron las siguientes variables de respuesta: (% de sobrevivencia, % de enraizado, altura de planta, longitud de raíces, número de raíces). El estudio tuvo una duración de cinco meses (veinticuatro semanas), tiempo en el cual se realizó un monitoreo de la temperatura y humedad relativa.

Al final del experimento se realizó el respectivo análisis de varianza para cada variable de respuesta para lo cual se hizo el procesamiento de datos mediante el sistema de aplicaciones IBM SPSS Statistics 20.

5.1. Comportamiento de la temperatura en la cámara de subirrigación

Las variaciones de temperatura durante el experimento dentro de la cámara de subirrigación de las de las temperaturas máximas como mínimas por mes se indican en la figura 4, donde muestran las fluctuaciones a lo largo del desarrollo y enraizamiento de los esquejes.

Estas temperaturas se registraron con un termómetro digital de máximas y mínimas, las cuales estaban ubicadas al centro del ambiente protegido.

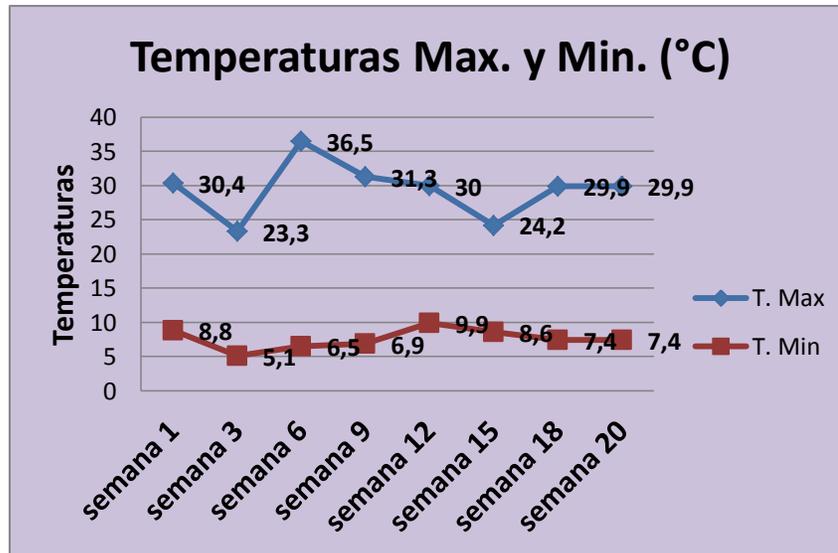


Figura 4. Registro de las Temperaturas en la cámara de subirrigación

En la figura 4, se observa que la temperatura promedio más alta fue de 36,5 °C que se presentó en la sexta semana. La temperatura promedio baja, se registró en la tercera semana con 5,1 °C. Las temperaturas máximas y mínimas registradas estuvieron dentro de los rangos recomendados en la revisión de literatura.

En cuanto a las estacas de coníferas Kirkpatrick afirma que los resultados óptimos de enraizamiento se encontraron bajo un rango de 15,5 °C durante la noche y 23,8 °C durante el día.

Henríquez (2004), menciona que la temperatura debe mantenerse entre 27 y 29 °C y no pasar de 30°C, La humedad debe mantenerse alta; entre 60 y 80% aproximadamente para evitar la deshidratación del material vegetal, especialmente en el caso de estacas verdes o herbáceas.

Sin embargo Flores, (2010) encontró en sus experimentos en cámaras de subirrigación temperaturas de (21,7 - 32,8 °C) y la humedad relativa media (56 - 93%) al interior de la cámara y concluye que las condiciones del microclima en el interior de la cámara de sub-irrigación, fueron apropiados para alcanzar los altos promedios en el porcentaje de enraizamiento y sobrevivencia.

5.2. Comportamiento del porcentaje de humedad relativa

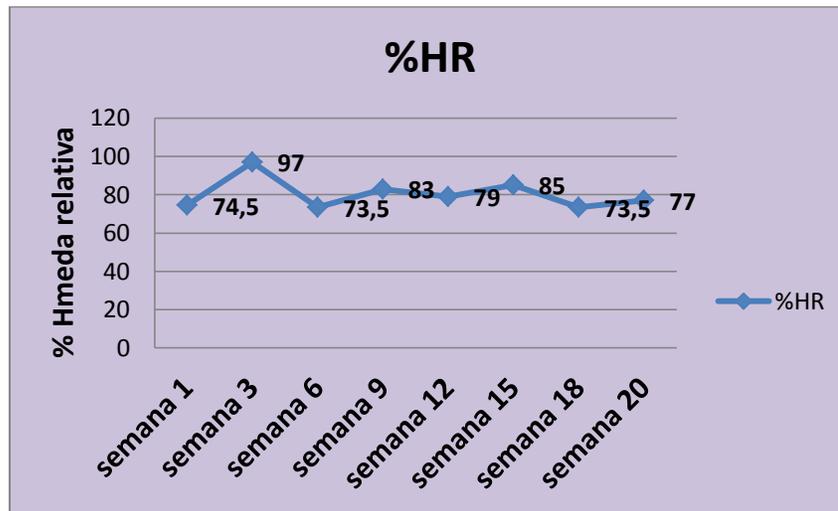


Figura 5. Promedio de Humedad relativa en la cámara de subirrigación

En la Figura 5 Se puede observar el comportamiento de la humedad relativa dentro de la cámara de subirrigación la cual oscila de (70-90%) como el menor valor de humedad relativa registrado esta con 73,5% y como el máximo valor registrado en la cámara de subirrigación es de 97%, estos datos fueron promediados de las máximas y mínimas, en cuanto a humedad relativa. Así mismo Henríquez (2004), declara que la humedad debe mantenerse alta; entre 60 y 80% aproximadamente para evitar la deshidratación del material vegetal, especialmente en el caso de esquejes verdes o herbáceas.

Flores, (2010) contribuye con su trabajo en cámara de subirrigación afirmando que la humedad relativa media (56 - 93%) fueron apropiados para alcanzar los altos promedios en el porcentaje de enraizamiento y sobrevivencia.

El nombre del sistema de subirrigación radica en que no se utiliza irrigación aérea, sino que se mantiene una reserva de agua en el fondo del propagador, y esta humedece el sustrato por efecto capilar. El ciclo del agua dentro del propagador de subirrigación, al evaporarse y condensarse en la tapa y las paredes, ayuda a mantener una HR cercana al 100%.

El micro ambiente dentro del propagador ejerce una poderosa influencia crítica en el enraizamiento por eso es importante mantener niveles óptimos de humedad temperatura e irradiación dentro de la cámara de sub-irrigación (Mesen 1998).

Por tanto los datos registrados en la cámara están en los niveles óptimos según varios autores, también se puede justificar la sobrevivencia de los esquejes aun de los que no lograron formar raíz.

5.3. Fluctuación del desarrollo en altura de planta en ambas especies

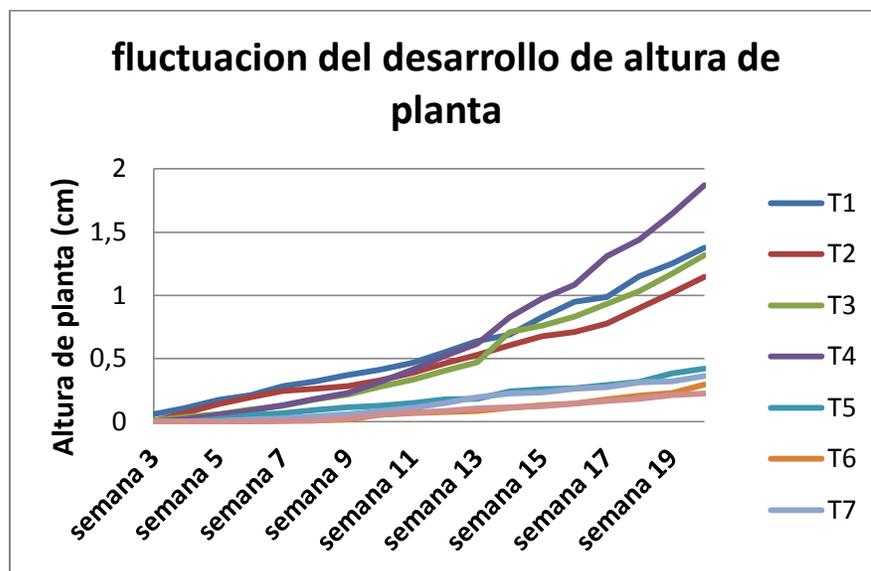


Figura 6. Fluctuación de la altura de planta (cm) por semanas

En la figura 6 se aprecia el desarrollo de los esquejes o estaquillas expresadas en cm lo denominamos altura de planta por lo cual se puede apreciar dos grupos sobresale el tratamiento **T4** el cual corresponde a la especie *Chamaecyparis* y un sustrato 4 que consiste en: **Turba 2P, arena fina 1P, tierra negra 1P**, en un segundo lugar se puede apreciar al tratamiento **T1** el cual corresponde a la conífera *Chamaecyparis* y el sustrato 1 **Turba 1P, carbón vegetal 2P, tierra negra 1P** en un tercer lugar se encuentra le **T3** y el sustrato 3 que consiste en (**Turba 2P, limo 1P, tierra negra 1P**) y finalmente el tratamiento **T2** y sustrato 2 compuesta por (**Turba 1P, carbón vegetal 1P, limo 1P**).

Como se puede apreciar en el gráfico el comportamiento de los esquejes con relación al desarrollo vertical, hasta la semana 12 casi no registra mucha actividad, ya en a partir de esta semana se puede ver un desarrollo ascendente en todos los tratamientos en especial en los cuatro primeros tratamientos. El cual es representado por la interacción de la conífera *chamaecyparis* con los sustratos.

5.4. Porcentaje de prendimiento

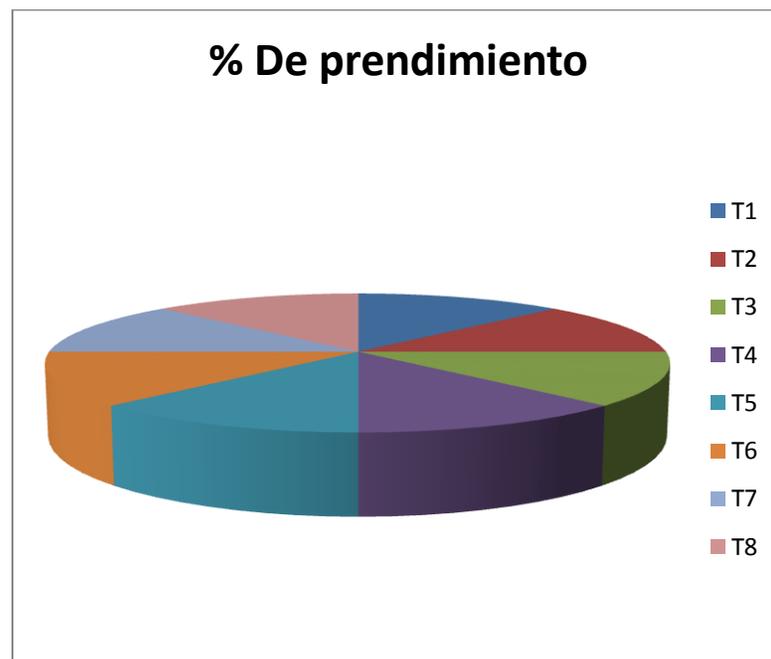


Figura 7. Porcentaje de prendimiento

En la figura 7 se puede apreciar el porcentaje de prendimiento el cual se observó durante todo el proceso que duro el estudio, para luego al final de todo el estudio se hizo una evaluación final y se la represento como se muestra en la gráfica en el cual se aprecia los diferentes tratamientos y estos tienen un mismo comportamiento en cuanto al porcentaje de prendimiento significa que todos los esquejes sobrevivieron.

Se obtuvo el 100% de esquejes que sobrevivieron debido a las condiciones ambientales en la cámara de subirrigación como la humedad relativa, temperaturas y una óptima humedad del suelo sin excesos más allá de que no todos los esquejes lograron formar el sistema radicular, además que la recolección de los esquejes se realizaron de la parte media de la planta madre como se recomienda, lo cual apoyan varios autores para la sobrevivencia de las estaquillas y/o esquejes a enraizar.

Flores, (2010) afirma que los esquejes requieren de alta humedad y mínima aireación para sobrevivir al interior de la cámara de sub-irrigación este mismo autor atribuye el porcentaje de sobrevivencia de los esquejes al origen de los esquejes, y afirma que los esquejes de la parte apical y media de las plantas madre pueden llegar a sobrevivir y los esquejes de origen apicales y basales pueden llegar a tener un 100% de mortalidad.

Por su parte Loach, (1986) afirma que es evidente la relación, entre la mortalidad de estaquillas y los excesos de humedad en el sustrato, que habrían dificultado la difusión de oxígeno alrededor de la estaca, produciendo en el peor de los casos necrosis o muerte a los tejidos.

Para recalcar lo mencionado autores declaran que el agua llega a desplazar el aire de los poros no capilares del suelo y produce una deficiencia en oxígeno (Kramer, 1979). Además, una reducción en el nivel de oxígeno del medio provoca el cierre de los estomas lo cual influye en el enraizamiento, al reducir la toma de CO₂ limitando la fotosíntesis (Erstad y Gislerod, 1994).

5.4.1. Altura de planta

Para el análisis de los datos en la altura que lograron desarrollar los esquejes se realizó un análisis de varianza con un margen de error del 5% cuadro 1 con un coeficiente de variabilidad de 8,18%, el cual refleja que hubo un buen manejo de las unidades experimentales e indica que los datos son confiables, ya que se encuentra por debajo del 30% (Calzada, 1970) se puede apreciar que la diferencia es altamente significativo en cuanto al Factor A: tipos de coníferas el *Cupressus* y *Chamaecyparis* en la variable de respuesta Altura de planta, también por su parte se puede observar que en el Factor B que representa a diferentes sustratos da un resultado no significativo (ns) y finalmente muestra un resultado altamente significativo en cuanto a la interacción de factores (A*B) tipos por sustratos.

Cuadro 1. Análisis de varianza para crecimiento de esquejes

	GL	SC	CM	Ft	Fc
TIPOS	1	7,315	7,315	50,97	0 **
SUSTRATOS	3	0,329	0,11	0,763	0,529 ns
TIPOS*	1	18,428	18,428	128,399	0 **
SUSTRATOS					
Error exp.	19	2,727	0,144		
Total	24				

cv: 8,18%

Somarriba, (1998) concluye que la variable altura de planta es una característica fisiológica de gran importancia en el crecimiento y desarrollo de la planta, la altura de la planta depende de la acumulación de nutrientes en el tallo que se producen durante la fotosíntesis, los que a su vez son transferidos a la raíz de la planta, esta función puede verse afectada por la acción conjunta de cuatro factores fundamentales los cuales son luz, calor, humedad y nutrientes.

5.4.2. Altura de crecimiento en los esquejes factor A (tipos de coníferas)

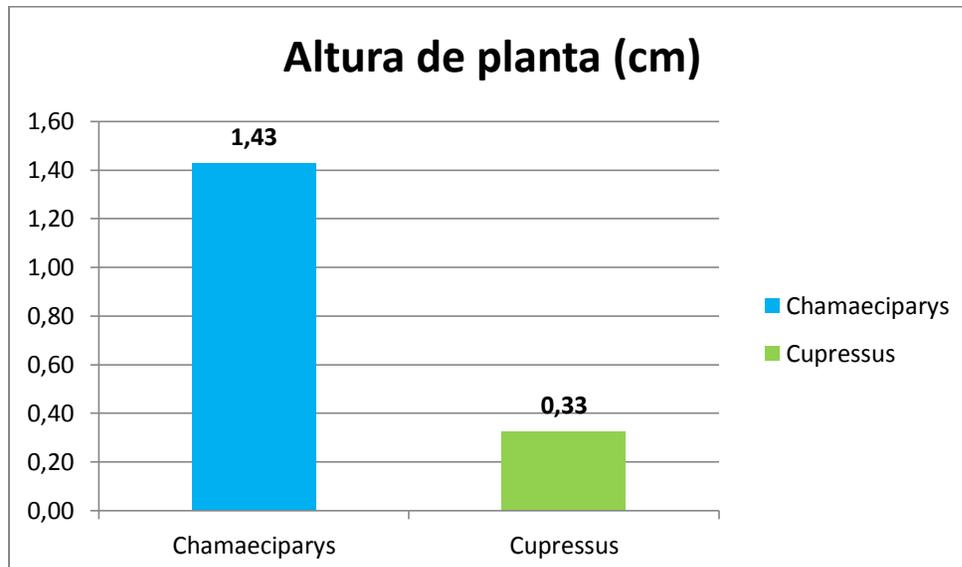


Figura 8. Altura de planta para el factor A (Tipos de coníferas)

En la figura 8 promedios de alturas para el factor A, se observa la diferencia de las alturas de planta según la especie en estudio para *Chamaecyparis* presento mejor altura en crecimiento de los esquejes con 1,43 cm en promedio y para la especie *Cupressus* o b_2 con un promedio numérico de 0,33 cm en crecimiento de los esquejes.

Se atribuyen estos resultados a que el *Chamaecyparis* tuvo una mejor respuesta a las condiciones de la cámara de subirrigación en el desarrollo de la altura mejor que el *Cupressus*.

Según Alvarado (2007), concluye que al contrario del ciprés, los "*Chamaecyparis*" se desarrollan en suelos con humedad y viven alejados de la influencia marina es decir suelos salinos, a veces en regiones tan septentrionales como Alaska y a buena altura en las montañas, donde soportan todo tipo de climas fríos, incluida la nieve. Estos hábitos de vida hacen que sus usos puedan adaptarse en los jardines, macetas, maceteros y entre otros usos.

5.4.3. Prueba de medias Tukey para factor B

En la figura 9 se puede apreciar la prueba de medias **Tukey** con un margen de error de 5% para ver la diferencia de altura de los esquejes en relación al factor B que se refiere a los diferentes sustratos utilizados para el enraizado.

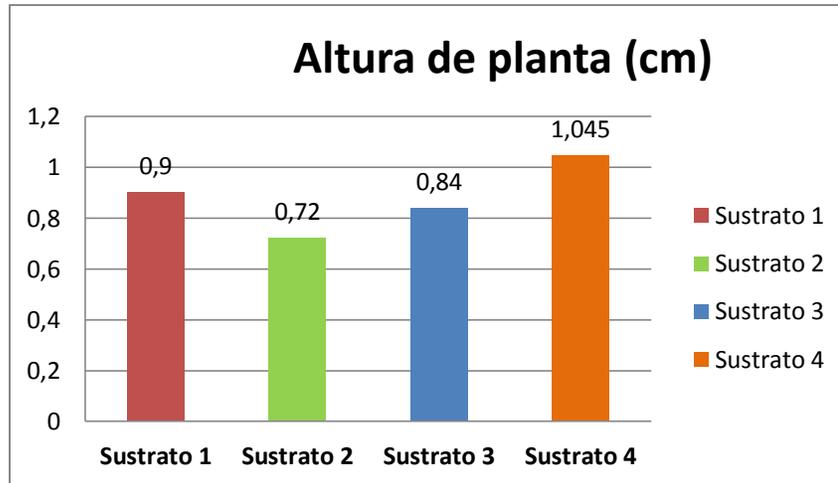


Figura 9. Altura de planta

En la figura 9 se puede apreciar que en los distintos sustratos estadísticamente existe una diferencia colocando en primer lugar al sustrato 4 el cual está compuesto por (**Turba 2P, arena fina 1P, tierra negra 1P**). En un segundo lugar podemos observar que se hace presente el sustrato 1 compuesta por (**Turba 1P, carbón vegetal 2P, tierra negra 1P**) en un tercer lugar se encuentra el sustrato 3 (**Turba 2P, limo 1P, tierra negra 1P**) y finalmente el sustrato 2 compuesta por (**Turba 1P, carbón vegetal 1P, limo 1P**).

El sustrato 4 el cual está revelando una mejor altura de planta en cm se puede atribuir que fue debido al contenido de arena el cual le dio buena aireación además del contenido de materia orgánica en la turba y tierra negra lo cual favorecieron a la altura de planta.

En la mayoría de los casos de nuestro medio los viveristas tienden a usar un sustrato con arena y otros componentes, a su vez. Se recomienda que el sustrato puede estar compuesto por: (2/3 tierra y 1/3 de arena), se puede espolvorear la parte basal del esqueje con hormonas de enraizamiento (Sánchez, 2004).

Por su parte Domínguez (1978), menciona que el contenido de nitrógeno en mayores proporciones interviene en la composición de las más importantes sustancias orgánicas tales como la clorofila, aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, etc. estas sustancias sirven de base para la mayoría de procesos que rigen el desarrollo, crecimiento y multiplicación de la planta.

Al respecto (Chilón, 1997) indica que el nitrógeno favorece el desarrollo de los órganos vegetativos principalmente de los foliáceos.

5.5. Longitud de raíz

La medición de la longitud de raíz se realizó con la ayuda de una regla milimétrica al final de ensayo.

En el cuadro siguiente se aprecia el análisis de varianza con un margen de error del 5%, realizado para la variable de respuesta Longitud de Raíz el cual obtuvo un coeficiente de variabilidad de 6,94% lo cual refiere a que hubo buen manejo de las unidades experimentales y es aceptable.

Cuadro 2. Análisis de varianza para longitud de raíz

	GL	SC	CM	Ft	Fc
TIPOS	1	16,094	16,094	18,283	0**
SUSTRATOS	3	8,149	2,716	3,086	0,052*
TIPOS*	1	967,486	967,486	1099,074	0**
SUSTRATOS					
Error exp.	19	16,725	0,88		
Total	24	1008,454			

cv: 6,94%

En el cuadro 2 el análisis de varianza realizado a los datos de longitud de raíz dio un resultado altamente significativo (**) en el factor A que son tipos de coníferas y un resultado significativo en el factor B que se refiere son tipos de sustratos, también es importante considerar que hay una diferencia altamente significativa de la interacción de factores (A*B) donde estadísticamente existe diferencia en el desarrollo de la raíz de los diferentes tratamientos.

5.5.1. Promedios numéricos para factor A (longitud de raíz)

En la siguiente figura se aprecia la diferencia de promedios en cuanto a la longitud de raíz entre *Chamaecyparis* y *Cupressus*.

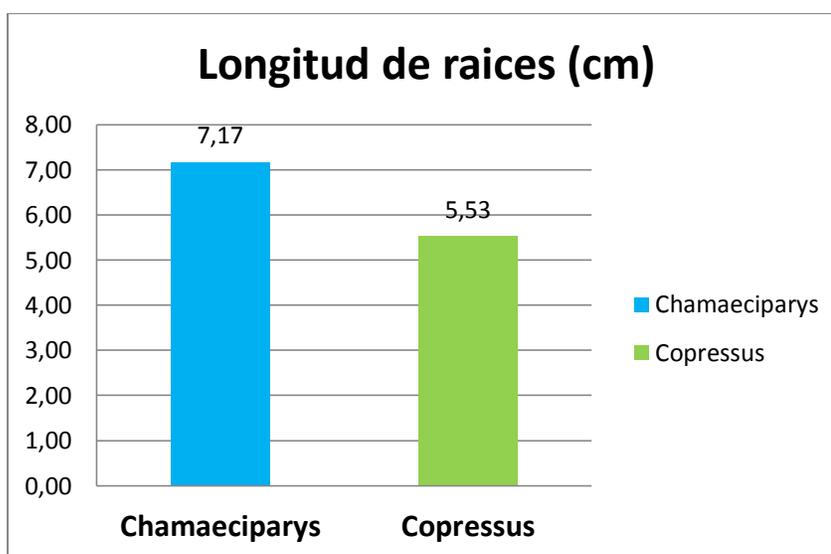


Figura 10. Promedios de longitud de raíz del factor A (Tipos de coníferas)

En la figura 10 se puede advertir que la conífera *Chamaecyparis* tiene un mejor promedio de longitud de raíces con 7,17 cm en comparación con el *Cupressus* que llegó a formar 5,53 cm.

A esto podemos atribuir a la gran capacidad de adaptabilidad que llegó a tener los *Chamaecyparis* a diferencia del *Cupressus* que aparte de tener menor longitud de las raíces tuvo un menor porcentaje en el enraizado.

5.5.2. Prueba de medias Tukey para factor B

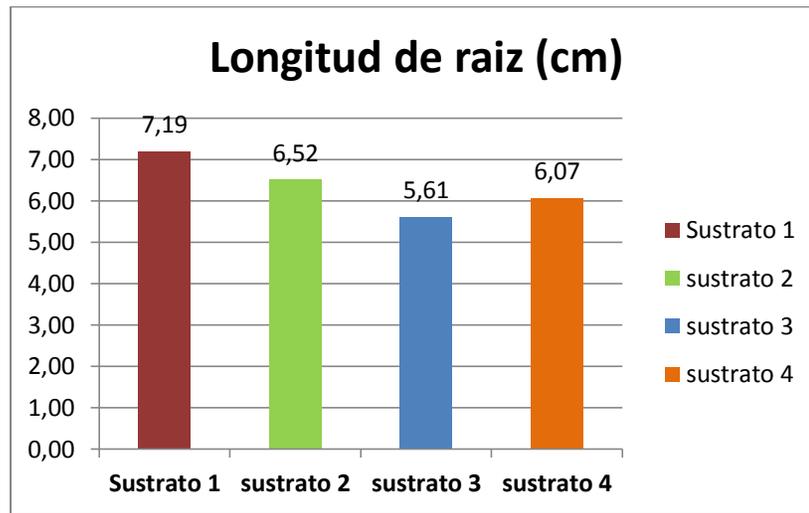


Figura 11. Prueba de medias Tukey para factor B tipos de sustratos

En la figura 11 se puede apreciar que existe una diferencia altamente significativa entre sustratos en cuanto a longitud de raíz en cm con un valor alto valor de 7,19 cm en el sustrato 1 **Turba 1P, carbón vegetal 2P, tierra negra 1P**, en un segundo puesto corresponde al tratamiento con el sustrato 2 con 6,52 cm que está preparada con **Turba 1P, carbón vegetal 1P, limo 1P** en un tercer lugar podemos considerar al sustrato 4 con 6,07 cm que contiene **Turba 2P, arena fina 1P, tierra negra 1P** y finalmente el sustrato 3 con un valor de 5,61 cm el sustrato tres comprende **Turba 2P, limo 1P, tierra negra 1P**.

En los tratamientos con incorporación de carbón vegetal se puede apreciar un efecto positivo en cuanto a longitud de raíz por tal motivo se especula que el carbón vegetal gracias a que posee porosidad, drenaje y fuente de carbono que representa este pudo coadyuvar al desarrollo de las raíces.

Además de estos factores existen otros que favorecen al desarrollo en longitud radicular en los esquejes como la presencia de carbohidratos como fuente de energías necesarias para la producción de nuevos productos metabólicos como el almidón (Puri y Khara, 1992).

Para Flores, (2010) el origen de las raíces en los esquejes tiene relación con el desarrollo de la longitud de raíz, así es que en su trabajo escribe que las estacas obtenidas de la parte apical de la planta y la parte media presentan un mayor longitud de raíces hasta 20, 1 mm.

5.6. Número de raíces

Se realizó un conteo de la cantidad de raíces al final del ensayo como se planteó en la metodología, por lo cual se presenta un análisis de varianza con un error de confiable del 5% y un coeficiente de variabilidad de 0,62% lo que significa que los datos procesados se encuentran en un marco de confiabilidad y buen manejo de las unidades experimentales, en el cual se puede apreciar que existe una diferencia altamente significativa en el factor B que son los cuatro diferentes sustratos el cual nos indica que existe diferencia estadísticamente en la formación de raíces según cada sustrato, a la vez se puede observar que en la interacción de factores también muestra una diferencia altamente significativo donde podemos decir que existe diferencia estadísticamente un efecto de interacción en la cantidad de raíces en las coníferas, por lo contrario en el factor A que son tipos de coníferas se logra observar un resultado no significativo, el cual indica que no hay diferencia estadísticamente en la cantidad de raíces en ninguna de las coníferas.

Cuadro 3. Análisis de varianza para número de raíces

	GL	SC	CM	Ft	Fc
TIPOS	1	0,011	0,011	0,171	0,684ns
SUSTRATOS	3	22,09	7,363	111,746	0**
TIPOS*	1	681,387	681,387	10340,542	0**
SUSTRATOS					
Error exp.	19	1,252	0,066		
Total	24	704,741			

cv: 0,62%

5.6.1. Prueba de medias Tukey para número de raíces en el factor B

En el análisis de varianza realizado a la variable de respuesta número de raíces nos dio un resultado altamente significativo (**) en cuanto al factor B se procedió a realizar la prueba de medias.

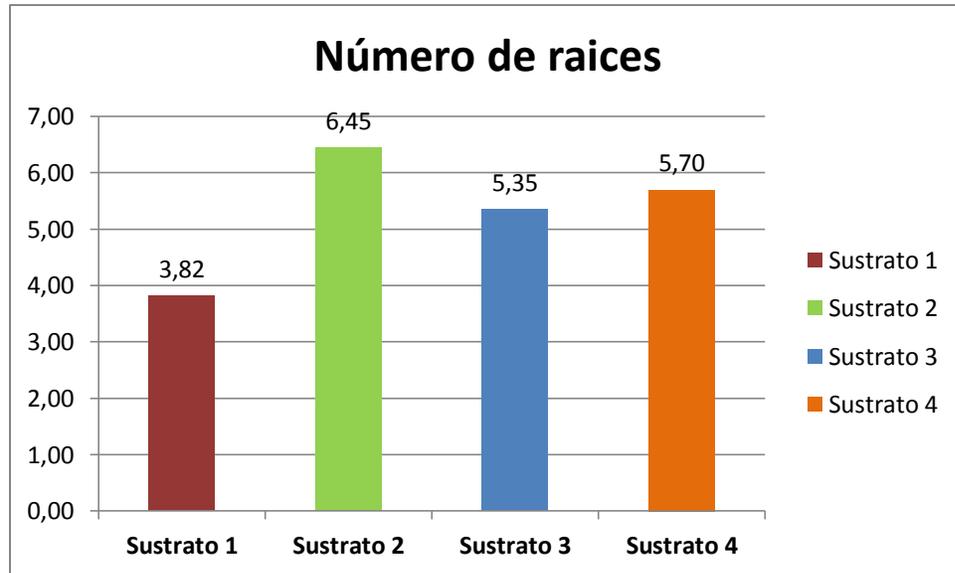


Figura 12. Prueba de medias Tukey para factor B

En la figura 12 prueba de medias Tukey con un margen de error al 0.5% en el factor B podemos apreciar diferencia entre valores en los sustratos aplicados en el trabajo.

En primer lugar con un mejor valor encontramos al sustrato 2 formado con Turba 1P, carbón vegetal 1P, limo 1P que logro formar 6 raíces en cuanto a número de raíces en un segundo lugar se encuentra el sustrato 4 formado por Turba 2P, arena fina 1P, tierra negra 1P con 5 raíces luego se puede apreciar que el sustrato 3 compuesto de Turba 2P, limo 1P, tierra negra 1P con 5 raíces y finalmente se encuentra el sustrato 1 formado por Turba 1P, carbón vegetal 2P, tierra negra 1P con 3,82 de numero de raíces.

Según Veierskov (1988), existe una relación positiva del contenido de carbohidratos con la capacidad de enraizado y número de raíces en esquejes de diferentes especies leñosas y herbáceas, señalando que es común que exista un gradiente en la concentración de carbohidratos desde el ápice hasta la base de los tallos. Por lo tanto, es posible que la menor concentración de carbohidratos producto de la mayor juvenilidad de los esquejes de la parte apical y media hayan promovido el mayor número de raíces de los especímenes.

5.7. Porcentaje de enraizado

La medición de porcentaje de porcentaje de enraizado se realizó en cada uno de los tratamientos al final del experimento.

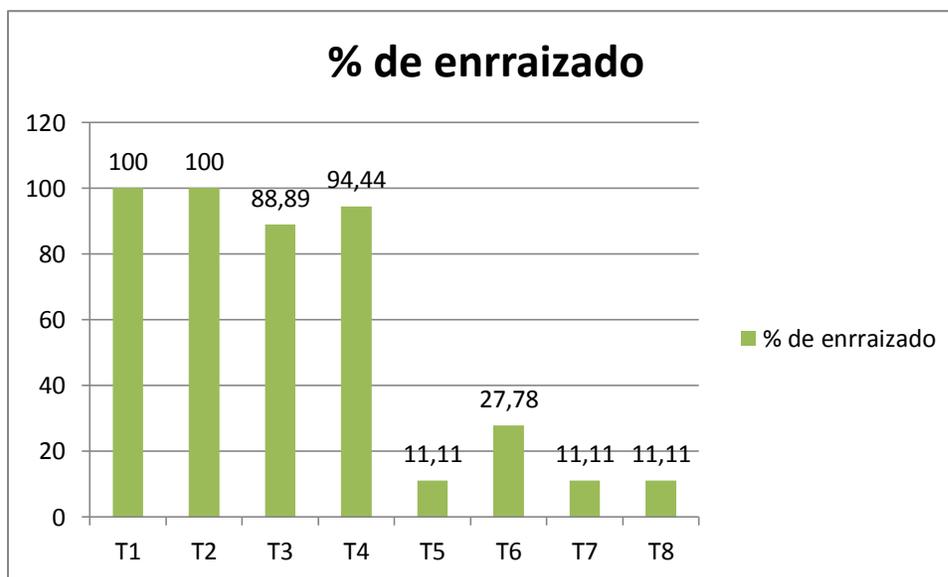


Figura 13. Porcentaje general de enraizado

En la figura 13 podemos apreciar que el porcentaje de enraizado se expresa con un mejor valor en el tratamiento 1 y tratamiento 2 ya que se observó el 100% de los esquejes con raíces, luego se encuentra el tratamiento 4 con 94,44% de esquejes enraizados en este mismo grupo con similar valor se encuentra al tratamiento 3 con 88,89% de enraizamiento estos corresponden a la especie de

Chamaecyparis y por consiguiente el tratamiento 6 se manifiesta con 27,78% de enraizado finalmente se puede observar a los tratamientos T5, T7 y T8 los cuales se quedan un bajo porcentaje de enraizado de 11,11%, que pertenecen a la especie de los *Cupressus*.

Díaz *et al.* (1992) menciona que los mejores porcentajes de enraizamiento y numero de raíces se obtuvieron en los sustratos que se utilizaron arena como medio de enraizamiento, la arena permite condiciones mejores de aireación, drenaje y proporciona un soporte superior en comparación con los otros sustratos probados sin arena.

5.7.1. Porcentaje de enraizado en la variedad *Chamaecyparis*

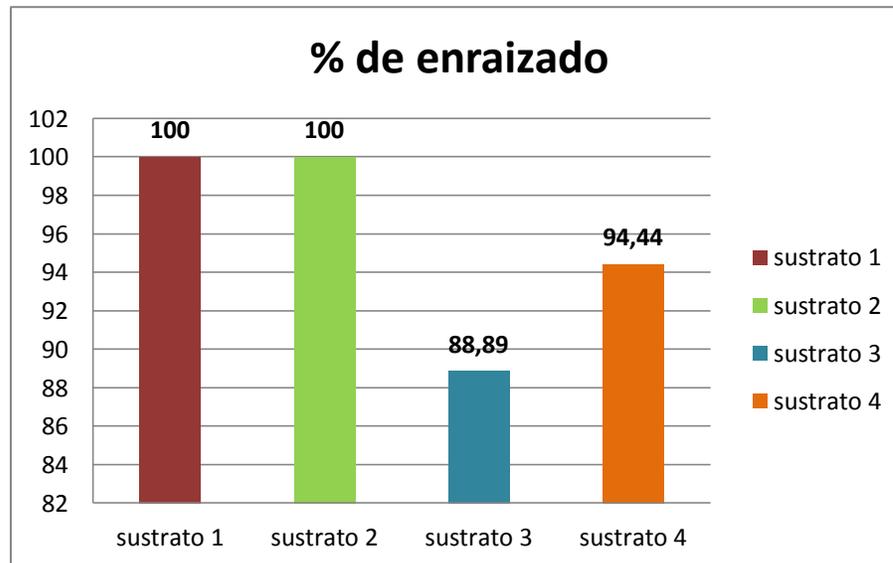


Figura 14. Porcentaje de enraizado en la variedad *Chamaecyparis*

En los resultados observados se puede apreciar la interacción de la variedad *Chamaecyparis* con el sustrato 1 y sustrato 2 tuvieron un alto porcentaje de enraizado ya que estos sustratos contienen carbón vegetal y el sustrato 4 también con un alto porcentaje de enraizado esto por el contenido de arena fina en la composición del sustrato que le brinda aireación a los esquejes como lo recalcan algunos autores.

Asimismo, Hartmann y Kester (1977), mencionan, que un sustrato ideal influye mucho en el enraizamiento y debe ser considerado en cualquier sistema de propagación, proporcionando porosidad, una buena aireación, se drene bien, sea fácil de esterilizar y que además proporcione un soporte adecuado a la estaca. Además, un medio adecuado de enraizamiento debe garantizar una humedad sin excesos y esto se logra con una textura media y una humedad de aire adecuada (Quijada, 1980). La arena es el medio de enraizamiento preferido en las investigaciones, el cual proporciona aireación y retención de agua adecuada y aunque la grava también es apropiada, la apertura de hoyos, la colocación de las estacas y su remoción para su evaluación son más fáciles en arena, además es relativamente económica, fácil de obtener y manejar (Mesen, 1998; Pino, 2002).

5.7.2. Porcentaje de enraizado en la conífera *Cupressus*

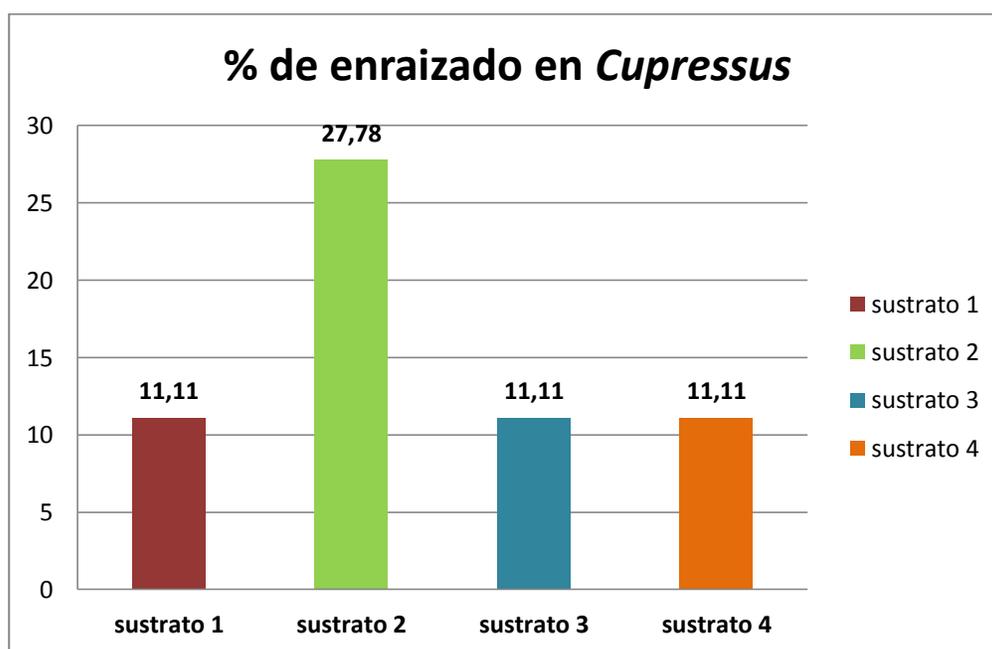


Figura 15. Porcentaje de enraizado en la conífera *Cupressus*

En la figura 15 se puede apreciar el porcentaje de enraizado en las coníferas de *cupressus* (factor A), donde el sustrato 2 compuesto por: Turba 1P, carbón vegetal 1P, limo 1P tuvo un mejor valor de % de enraizado con 27,78% en comparación a los demás sustratos.

Las condiciones de humedad y aireación del medio deben está bien equilibradas para permitir que todo el cambium en la parte basal de la estaca se hinche y aparezcan en esta los esbozos o callos de las raíces (Hardy 1961 y Urquhart, 1963). Estos mismos autores recomiendan que la humedad relativa se mantenga al 100%.

La formación de las raíces es uno de los aspectos de mayor importancia en los sistemas de propagación clonal mediante esquejes, ya que existe un temor generalizado de que éstas pueden tener sistemas radicales inferiores a los de plantas provenientes de semillas, de acuerdo con (Guiltinan *et al.*, 2001).

6. CONCLUSIONES

En este trabajo de enraizamiento de dos diferentes tipos de coníferas se pudo sacar las siguientes conclusiones:

- ✓ En el estudio comparativo que se realizó se pudo apreciar que el mejor sustrato para la formación de raíces que se cuantificaron son los sustratos: **1(Turba 1P, carbón vegetal 2P, tierra negra 1P); 2 (Turba 1P, carbón vegetal 1P, limo 1P) y 4 (Turba 2P, arena fina 1P, tierra negra 1P)**. Donde se puede apreciar en el sustrato 1 y 2 los componentes en común son la turba y el carbón vegetal, este último al doble del primero, en el cual se formó las raíces más largas por lo que se puede concluir como el mejor sustrato para el enraizado de estas coníferas.
- ✓ Por otra parte en la formación de raíces es en el sustrato 2 (**Turba 1P, carbón vegetal 1P, limo 1P**) donde se logra la formación en mayor cantidad de raíces con un promedio general de 7 rices
- ✓ Las coníferas de *Chamaecyparis* y *Cupressus* tuvieron un establecimiento y respuesta positiva en la cámara de subirrigación puesto que todos los tratamientos en general lograron sobrevivir con un 100%, esto debido a las condiciones favorables que ofrece la cámara de subirrigador.
- ✓ De los ocho tratamientos que se tuvo se pudo apreciar que los cuatro primeros tratamientos lograron altos porcentajes de buena respuesta en cuanto a lograr desarrollar raíces aceptables por lo que se puede concluir que estos tratamientos dieron buenos resultados.
- ✓ En este estudio se pudo determinar que la conífera *Chamaecyparis* var. *Ellwoodii* tuvo mejor respuesta a las condiciones de la cámara de subirrigación y a los sustratos 1 y 2 donde se pudo registrar un 100% de enraizado, y no así en los sustratos 3 y 4.
- ✓ En cuanto a la conífera *Cupressus* var. *Goldcrest* se logró como máximo un 27,78% de enraizados en el sustrato 2 (**Turba 1P, carbón vegetal 1P, limo 1P**), a diferencia de los demás sustratos solo lograron un 11,11%.

7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer más pruebas de enraizado con otras especies utilizando esta cámara de subirrigación que tiende a mostrar buenos resultados por formar un micro clima ideal en cuanto a temperatura y humedad del ambiente.
- En este trabajo de investigación los esquejes se dispusieron a una densidad de 7.5 x 7.5 cm. Se recomienda realizar ensayos a diferentes densidades en los esquejes.
- En su mayoría los viveros usan arena en los sustratos para enraizar al mismo se recomienda la incorporación de carbón vegetal el cual dio buenos resultados en el proceso de enraizado.
- Se recomienda hacer otros ensayos en diferentes alturas o niveles de agua de la cámara puesto que esto influiría en el porcentaje de humedad del ambiente según el requerimiento para otras especies a enraizar.
- Es muy importante la ubicación de la cámara de subirrigación ya que podría involucrar al desarrollo pleno de los esquejes, se recomienda ubicar de espaldas con relación al norte de esta forma se evita sol directo que influiría en la deshidratación de los esquejes.
- Se recomienda hacer siempre una desinfección del sustrato para evitar la proliferación de patógenos que puedan afectar al proceso de enraizado.
- Con respecto a la construcción de la cámara se recomienda utilizar madera de buena consistencia de esta forma aprovechar al máximo la utilidad del mismo.
- Con respecto al forro en bibliografía se utilizara plástico nylon plástico que no tiene anti UV lo cual implica corta duración por esto se recomienda la utilización de agofilm para poder prolongar el uso de la cámara enraizadora.

8. BIBLIOGRAFÍA

ALVARADO V. 2007. Efecto de diferentes fitoreguladores en la multiplicación por esquejes de pino japonés (*Cryptomeria japonica*); Falso ciprés (*Chamaeciparys obtusa*); Tuya occidental (*Thuja occidentalis*) en el vivero municipal de Aranjuez, La Paz. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de agronomía Universidad Mayor de San Andrés. La Paz - Bolivia

ARRIAGA, et. Al. 1994. Efecto de diferentes sustratos en la germinación de *Pinus patula* en vivero. Memoria de Tesis para obtener el título de Biologo, Moreila – Michuacan.

BORDAS J. Coníferas – Plantas de exterior (en línea). Consultado el 8 de abril de 2016. Disponible en www.jardineriabordas.com

BOUTHERIN, D. 1994. Multiplicación de Plantas Ornamentales. 225 p. Editorial Acribia. Zaragoza, España.

BUCZACKI, S. 1997. Plantas de invierno. Ediciones Tursen Hermann Blume. Madrid España. pp 57- 58.

CABRERA J., MARTÍNEZ F., GRANADA L. 2007. Producción de Cedro Limon *Cupressus macrocarpa Goldcrest* en Morelos. Folleto Técnico 29. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación. INIFAP. Morelos – México 2-8 p.

CALZADA, B. J. 1970. Métodos Estadísticos para la investigación. 5º ed. Lima, Perú S.A. 644 p.

CARRERA, M.V (1977). La propagación vegetativa en el género *Pinus*. Ciencia forestal (Méx.) 2 (7): 3 – 29 p.

CHILÓN, E. 1997. Manual de Fertilidad de Suelos Nutrición de Plantas Ed. Centro de Investigación y Difusión de Alternativas Tecnológicas para el Desarrollo (C.I.D.A.T.). La Paz – Bolivia.

HIDALGO O., PALOMINO L. 1997. Producción de semilla prebasica y básica usando métodos de multiplicación acelerada. Manual de capacitación Lima Peru. P 21-25

CHOQUE, T. A. 2015 La germinación del pino (*pinus radiata*) en relación de diferentes sustratos y pre – tratamientos germinativos en el departamento de La Paz. Tesis para obtener título de ingeniero agrónomo. Facultad de agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz – Bolivia. 10 p.

DEL CASTILLO, R.F. PÉREZ DE LA ROSA, VARGAS A. R., RIVERA G. 2004. Coníferas. Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México.

DIAZ E., SALAZAR R., MESEN F. 1992. Enraizamiento de estacas juveniles de Cedrela odorata L. DISEMINACION DEL CULTIVO DE ARBOLES DE USO MULTIPLE – CATIE – RENARM- ROCAP. Turrialba – Costa Rica.

DOMÍNGUEZ A. 1978. Abonos minerales, Ed. 5ta., Madrid, Ministerio de Agricultura, 421 p.

DURAN, A. 2004. Composición del suelo. Primera Edición, Montevideo – Uruguay.

EASLEY, D. F. 1989. Tendencia en el potencial de enraizamiento de *Eucalyptus grandis*. Cartón de Colombia. Informe de Investigación. 126-5 p.

ERSTAD, L; GISLEROD, R. 1994. Water uptake of cuttings and stem pieces as affected by different anaerobic conditions in the rooting medium. Scientia Horticulturae (Holanda) 58: 151-160.

FARJON, A. 1998. World checklist and bibliography of conifers. Royal Botanical Gardens, Kew, 298 pp.

FLORES A. R. 1986. Efectos de toposísis y de dos profundidades de siembra en la propagación por estacas de *eritrina poppigiana* (wopen). O. F. Cook (Pro). Tesis para optar el grado de magíster agricultura IICA de la OEA. Costa Rica. 67 p.

FLORES P. M. 2010. Evaluación del efecto de cinco dosis de fitohormona, tres tipos de sustratos y tres rasgos de morfotipo en el enraizamiento de estaquillas juveniles de *Amburana cearensis* (Allemao) A.C. Smith (Ishpingo), en ambientes controlados, en Pucallpa-Ucayli, Perú. Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales y ambientales – Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa- Perú. 35- 40 pp.

FOSATI, J. 1996. Sustrato en viveros Forestales. Programa de Redoblamiento Forestal. Cochabamba, Bolivia. 12 p.

FOSTER, A.S. y E.M. GIFFORD. 1974. Comparative Morphology of Vascular Plants. W.H. Freeman, San Francisco, 751 pp.

GALLOWAY, G., y BORGIO, G., 1985. Manual de viveros forestales en la Sierra peruana. INFOR. Lima – Perú. 25 – 45 pag.

GERNANDT D. Y PEREZ J. 2014. Biodiversidad de *Pinophyta* (coníferas) en Mexico. Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl. 85. D.F.- México pp 126 pp.

GOITIA, L. 2003. Manual de Dasonomía: Teoría y Laboratorio, La Paz, Bolivia.

Goitia, L. (2008). Manual de Dasonomía y Silvicultura. Universidad Mayor de San Andrés – Facultad de Agronomía, La Paz Bolivia. 107 pp.

GRANT, V. 1975. Genetics of Flowering Plants. Columbia University, Nueva York, 514 pp.

Guía de Consultas Botánica II. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura (UNNE) GIMNOSPERMAS-*Coniferophyta*.

GUILLEN R., A. 1975. Coníferas ornamentales Floraprint, España, 143 p.

GUILTINAN, M.; MILLER, C.R.; TRAORE, A.; MAXIMOVA, S.N. 2001. Greenhouse and field evaluation of orthotropic cacao plants produced via somatic embryogenesis, micro and macropropagation. In International Cocoa Research Conference (13, 2000, Sabah, MY). Sabah, MY, Percetakan Pendalaman Keningau. 2v. p. 323-330

HANSEN, O.B.1990. Propagating *Cupressus macrocarpa hartw.* *Goldcrest Journal of Agricultural Sciences* 4(4): 357-362.

HARDY, F. 1961. Manual de cacao. Turrialba, CR, Editorial Antonio Lehmann. 439 p.

HARTMANN, H. KESTER, D. 1977. Propagación de plantas, principios y prácticas. Editorial. CONTINENTAL. México. 783 p.

HARTMANN, H. KESTER, D. 1992. Plant propagation. Principles and practices. Filth.

HENRIQUEZ, E. 2004. Evaluación de tres factores de enraizamiento en morera (*Morus alba*). Tesis Ing. Agr. Santiago, Chile. Facultad de ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. 77 p.

HERNÁNDEZ H. 2006. Producción y comercialización de cedrela (*Chamaeciparys thyoides ericoides*) y Chimansimpar (*Chamaeciparys lawsoniana ellwoodii*), en el municipio de Xicotepec tesis para obtener título de ingeniero forestal- Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales, Pue. Chapingo- México 16-18 pp.

INFOAGRO, 2006. Tipos de sustratos de cultivo (en línea). Consultado el 3 de feb, 2012. Disponible en www.infoagro.com

KENNETH A.1989. Coníferas, Edit. Blume S.A., Trad S. Espinosa, Barcelona ES, 48 p.

KRAMER, P. Y KOSLOWSKI, T. 1979. Physiology of woody plants. New York. USA. Academic Press. 811 p.

LEAKEY, R.R. 1988. Vegetative propagation consultancy: CATIE, Costa Rica. Report to the Overseas Development Administration, ODA/NERC, Contract N° OMC 527/093/003 A. Institute of Terrestrial Ecology, Bush Estate Penicuik, Midlothian. 50 p. (unpublished). Consultado 02 de Junio. 2016 disponible en: <http://www.sidalc.net/repdoc/A0018S/A0018S20.pdf>.

LEONARDIS, F. J. 2000. El nuevo libro del árbol. 3. Ed. El Ateneo. Buenos Aires.

LOACH, K. 1986. Water relations and adventitious rooting. In Adventitious root formation in cuttings. Ed. By T.D. Davis; B.E. Haissig; N.B. Sankhla. Portland, Or. EE.UU., Dioscorides Press.102-116 p.

MESÉN, J.F. 1993. Clasificación de fuentes de producción de semillas forestales Scotland. 231 p.

MESÉN, F (1998). Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación. Serie Técnica. Manual Técnico No. 30. Turrialba, CR. CATIE. Proyecto de Semillas forestales-PROSEFOR. 36 p.

MIRANDA, R. (2002). Propiedades Físicas y Químicas del Suelos (Apuntes). Universidad Mayor de San Andrés- Facultad de Agronomía. La Paz- Bolivia. 4 p.

MERINO, P. (2015). Evaluación de una técnica de propagación asexual con esquejes apicales del ciprés limón (*Cupressus macrocarpa*) Var. Gold crest. Tesis para obtener el título de Ingeniero. Universidad Técnica de Ambato. Ceballos - Ecuador.

OCHOA, R. 2009. Diseños Experimentales. Facultad de agronomía. UMSA. La Paz Bolivia. 134 p.

OUDEN, P. 1978. Manual of cultivated conifers. Editorial Martinus Nijhoff. Boston, USA. 352 p.

OBAID A. 2009. Carbón vegetal para mejorar suelos agrícolas (en línea). Consultado el 15 de julio de 2016. Disponible en <http://www.cooperativa.cl>

PINO, P. 2002. Propagación vegetativa de *Drimys Winteris*, una especie con características medicinales, sometidas a dos sistemas de riego: microjet y cinta de goteo, en el sector de Huichahue IX región. Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal. Universidad Católica de Temuco, Facultad de Ciencias Agropecuarias y forestales. Escuela de Ciencias forestales. 52 p.

PURI, S; KHARA, A. 1992. Influency of maturity and physiological status of woody cutting: limits and promises to ensure successful cloning. Indian Forester (India). pp. 560-572.

QUIJADA R.M 1980. Métodos de propagación vegetativa. En mejora genética de árboles forestales. FAO. DANIDA. Roma.341 pg.

SERRADA, R. 2000. Apuntes de Repoblaciones Forestales. FUCOVASA. Madrid.

SOMARRIBA, R. 1998. Texto granos básicos. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 1-57 pp.

TORRAS, T. 1980. Métodos policlónicos aplicados en la cronología de suelos de Galicia. Tesis doctoral universidad Santiago de Chile. 145 p.

URQUHART, D. H. 1963. Cacao: La multiplicación vegetativa. Turrialba, CR. Servicio de Intercambio Científico, p. 129-150

VEKHOV, N. K. 1941. Vegetative propagation of trees and shrubs by means of summer cuttings. Bull. Appl. Bot. And Plant Breeding. Suppl. 61: 1 – 247.

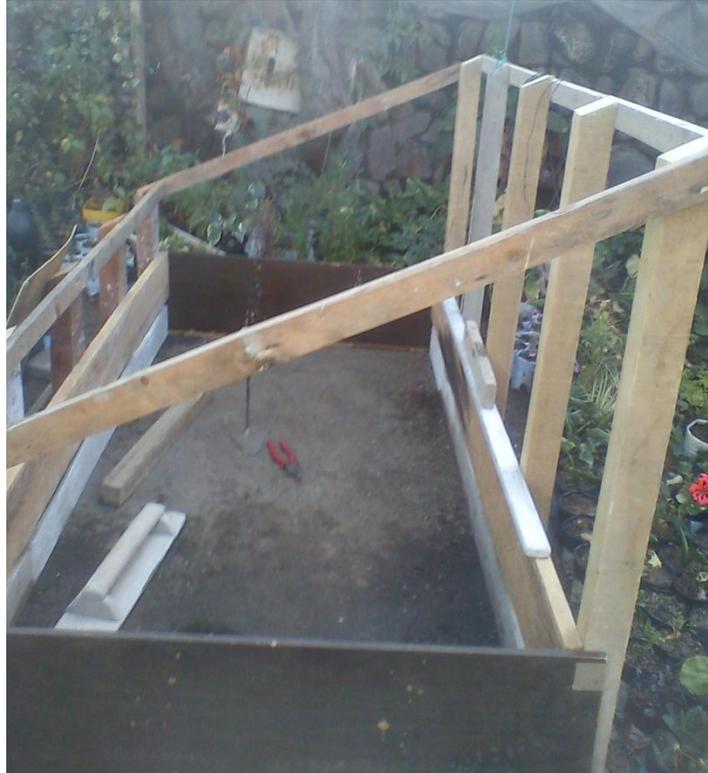
VEIERSKOV, B 1988. Relations between carbohydrates and adventitious root formation. Vol 2. Portland, Oregon. Discorides pres. 70-78 p

Características físicas del limo. En línea Consultado 30 de julio del 2016. Disponible en <http://www.buenastareas.com>.

Composición y propiedades de la turba. En línea consultado 5 de agosto del 2016. Disponible en: <http://www.textoscientificos.com/energia/combustibles/turba/composicion-propiedades-turba>.

9. ANEXOS

Anexo 1. Armado de la cámara de subirrigación



Anexo 2. Llenado de grava



Anexo 3. Componentes del sustrato



Anexo 4. Preparación del sustrato



Anexo 5. Ubicación de los tratamientos



Anexo 6. Desinfección de suelos



Anexo 7. Recolección de esquejes para el proyecto



Anexo 8. Establecimiento de los esquejes



Anexo 9. Ubicación de los tratamientos



Anexo 10. Toma de datos (altura de planta, temperatura y %HR)



Anexo 11.Toma de datos (Número, longitud de raíces)

